COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 12 MARS 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome CXXVIII des *Comptes rendus* (janvier-juillet 1899) est en distribution au Secrétariat.

*Notice sur les travaux d'*Eugène Beltrami;
par M. **Maurice Lévy**.

« L'Académie des Sciences vient de perdre, à un âge peu avancé, car il est né le 16 novembre 1835, l'un de ses Correspondants les plus marquants et les plus sympathiques : Eugène Beltrami, Professeur du Cours de Physique mathématique à l'Université de Rome, Président de l'Académie royale *dei Lincei,* Associé étranger de la Société royale de Gœttingue, Correspondant de l'Académie de Berlin, de l'Académie de Liège, etc.

» Ses travaux sont nombreux et variés. Quelques-uns sont classiques, tous sont instructifs.

» Son gros œuvre porte naturellement sur les diverses branches de la Physique mathématique qu'il a successivement professée aux Universités de Pavie et de Rome : la théorie mathématique de l'élasticité, la théorie mathématique de l'électricité, l'Hydrodynamique et diverses questions de haute Mécanique.

» Mais il a cultivé, avec non moins de succès, la Géométrie et l'Analyse pures et, bien avant d'avoir été élu Correspondant dans la Section de Mécanique, il avait été présenté, pour ce titre, par la Section de Géométrie.

» De bonne heure, après Lobatschewski et Riemann, il s'est occupé des fondements de la Géométrie. Dès 1868 il a illustré les grandioses doctrines de ce dernier, en étudiant le problème relativement simple, mais très précis, de la Géométrie et de la Cinématique des espaces à courbure constante négative ou positive. En 1872, il a décrit et donné les propriétés de la surface de révolution qui sert de type à la pseudo-sphère. Ces études ont jeté une grande lumière sur les fondements de la Géométrie de notre propre espace tel qu'il nous est révélé par l'observation.

» On lui doit d'autres travaux de Géométrie. Il convient de citer son Mémoire sur la Géométrie des formes binaires cubiques, celui où il expose d'une façon personnelle et généralise les théorèmes de Feuerbach et de Steiner sur la conique des neuf points et enfin celui relatif à la représentation d'une surface sur un plan de manière que les lignes géodésiques soient représentées par des lignes droites.

» Un de ses beaux Mémoires remontant à 1869 est celui qui a pour titre : *Sur la théorie générale des paramètres différentiels* et sur lequel il est revenu à diverses reprises. Il y applique aux surfaces courbes la notion de ces deux invariants différentiels que Lamé a si utilement considérés dans une fonction d'un point de l'espace euclidien, sous le nom de *paramètres différentiels des deux premiers ordres*. Ils existent naturellement, en particulier, pour une fonction d'un point d'un plan. Beltrami a montré qu'ils subsistent, avec une complète analogie, pour une fonction d'un point d'une surface courbe, et cette conception a eu d'heureuses conséquences à la fois pour la Géométrie et l'Analyse.

» En Géométrie, elle a permis de présenter la théorie des surfaces sous un point de vue nouveau, très systématique et très élégant. En Analyse, elle a permis d'étendre à une surface courbe les procédés employés, dans le plan, pour l'étude d'une fonction d'une variable complexe et d'envi-

sager ainsi, sous un nouveau point de vue, les profondes conceptions de Riemann.

» Parmi les travaux de Beltrami sur la théorie mathématique de l'élasticité, je citerai un Mémoire où il montre qu'on peut obtenir les équations de l'élasticité en coordonnées curvilignes orthogonales par un procédé qui ne suppose pas le postulatum d'Euclide, qui s'appliquerait par conséquent à tout espace à trois dimensions susceptible d'être rapporté à trois familles de surfaces orthogonales.

» Dans un autre Travail, il considère un nouveau potentiel élastique qui permet d'obtenir les équations de l'élasticité en coordonnées générales par un procédé d'une remarquable simplicité. Dans d'autres Mémoires, se plaçant à un point de vue plus pratique, il étudie les conditions de résistance d'un corps, en ajoutant quelques considérations nouvelles à celles qui ont été développées par de Saint-Venant et Clebsch sur ce sujet.

» En Électricité, Beltrami, comme tous ceux qui se sont occupés de la matière, s'attache à approfondir les géniales conceptions de Maxwell. Le but que poursuit Maxwell est, comme on sait, de supprimer partout la notion des actions à distance pour ne faire intervenir qu'un milieu transmetteur. Quelle est la nature de ce milieu? C'est ce qu'on ne saura sans doute jamais complètement.

» Dans la première partie de son immortel « Treatise on Electricity and magnetism », le physicien-géomètre donne, chemin faisant, l'expression des six composantes de pressions qu'il faudrait supposer, dans le diélectrique regardé comme un milieu élastique, pour retrouver les tensions électrostatiques qui se produisent dans un champ ou sur les surfaces de séparation de plusieurs champs électriques. Mais le résultat n'est acceptable que si ces six pressions peuvent s'exprimer à l'aide des six éléments de la déformation élastique, lesquels ne comprennent que les dérivées partielles des trois composantes du déplacement élastique. Ceci exige certaines conditions de compatibilité. Il était très présumable que ces conditions ne se trouveraient pas remplies par les expressions de Maxwell. Mais la démonstration de ce fait exige une discussion très minutieuse et des calculs laborieux. Beltrami a fait cette discussion complète et il est arrivé au résultat négatif présumé. Il n'en conclut pas que l'on doive, *de plano*, rejeter la conception de Maxwell. Mais on peut affirmer qu'elle ne s'accorde pas avec un milieu doué de l'élasticité telle que nous la concevons.

» Mais ce n'est là qu'un incident en quelque sorte à côté de la doctrine de Maxwell; sa grande innovation réside dans les équations différentielles

par lesquelles il représente l'ensemble des phénomènes électrostatiques, électrodynamiques et électromagnétiques qui peuvent se produire dans l'Univers et auxquelles les découvertes de Herz semblent devoir donner une nouvelle créance. Maxwell les déduit, par divination plutôt que par démonstration, des équations hamiltoniennes de la Mécanique.

» Beltrami cherche à les établir à l'aide du principe de d'Alembert généralisé. Dans ce but, aux travaux virtuels des forces pondéro-motrices qui entrent dans l'expression de ce principe, il ajoute le travail des forces électromotrices, et au travail des forces d'inertie il ajoute celui des forces changées de sens résultant de la loi d'Ohm. Sa méthode, sans rien changer au fond des idées de Maxwell et sans modifier ce qu'il y a d'essentiel dans ses hypothèses, conduit plus rapidement au but. On retrouve là les qualités de clarté et d'élégance qui sont les caractéristiques du talent de Beltrami.

» Son Mémoire sur la Cinématique des fluides est un des plus beaux qu'il ait écrits. Il y donne, par une méthode uniforme, les propriétés des lignes de flux, des lignes tourbillonnaires. Il introduit systématiquement les surfaces tourbillonnaires considérées comme surfaces de séparation des parties tourbillonnaires et non tourbillonnaires d'un fluide en mouvement. Il illustre la théorie générale par l'étude d'un courant suivant les lignes de courbure d'un système de surfaces homofocales du second degré, ellipsoïdes et hyperboloïdes, et donne, à ce sujet, plusieurs théorèmes extrêmement intéressants en eux-mêmes et de nature à bien éclairer l'ensemble de la théorie.

» Il reprend aussi à sa manière le problème dynamique du mouvement d'un corps solide dans un fluide, en particulier celui d'une sphère, d'un ellipsoïde, d'un cylindre. Toutes ces questions, même celles qui sont déjà connues, sont traitées magistralement.

» Je ne voudrais pas abuser des instants de l'Académie. Je crois en avoir dit assez pour donner une idée de l'importance de l'œuvre de Beltrami. Je laisse de côté un grand nombre de Mémoires intéressants. Tous offrent de l'attrait et par l'élégance des méthodes employées et par la perfection de la forme que Beltrami ne néglige jamais.

» Leur lecture fait plus d'une fois penser à Lamé. Beltrami se rattache certainement à l'école de notre grand géomètre. Il s'y rattache par sa ferveur pour la Science, et par l'élévation du point de vue d'où il la contemple toujours.

» Sa mort est une perte véritable. Elle causera d'unanimes regrets, non

seulement en Italie, mais parmi les géomètres de tous les pays, chez ceux-là surtout qui aiment à la fois la Science pure et ses applications à la Physique mathématique en ce qu'elle a de plus moderne et de plus élevé.

» Mais, nulle part sa perte ne sera plus vivement ressentie qu'à l'Académie des Sciences, plus particulièrement dans la Section de Mécanique, qui s'honore d'avoir compté, parmi ses Correspondants, ce géomètre qui, à un beau talent, joignait une grande modestie. »

BOTANIQUE. — *Sur l'appareil sexuel et la double fécondation chez les Tulipes*, par M. L. GUIGNARD.

« Depuis la Communication dans laquelle j'ai décrit, au commencement de l'année dernière ([1]), le phénomène de la double fécondation dans le genre *Lilium*, j'ai complété et étendu les recherches que j'avais entreprises sur d'autres Angiospermes. Une Note publiée à l'occasion du cinquantenaire de la Société de Biologie ([2]) renferme la description succincte du même phénomène dans l'*Endymion nutans* ou Jacinthe des bois. J'avais étudié aussi le *Fritillaria Meleagris;* mais, comme cette plante présente, pour ainsi dire jusque dans les détails, les mêmes faits que le *Lilium Martagon*, qui m'avait servi d'exemple dans ma première Communication, il suffisait de mentionner simplement leur analogie. Ces résultats sont d'ailleurs en parfait accord avec ceux de M. Nawaschine sur une autre espèce du même genre, le *Fritillaria tenella* ([3]).

» Dans la Note indiquée, je n'ai pas non plus fait mention de mes observations sur le *Lilium candidum*. Il était à prévoir qu'il devait offrir les mêmes phénomènes que le *L. Martagon* et le *L. pyrenaicum*, étudiés dans mon premier travail. Bien que le peu de fertilité de cette espèce cultivée en rendît l'étude plus difficile, la pollinisation d'un grand nombre de fleurs

([1]) L. GUIGNARD, *Sur les anthérozoïdes et la double copulation sexuelle chez les végétaux angiospermes* (*Comptes rendus*, 4 avril 1899).

([2]) L. GUIGNARD, *Les découvertes récentes sur la fécondation chez les végétaux angiospermes* (*Volume jubilaire du cinquantenaire de la Société de Biologie*, p. 189; 1899).

([3]) S. NAWASCHINE, *Resultate einer Revision der Befruchtungsvorgänge bei Lilium Martagon und Fritillaria tenella* (*Bull. de l'Acad. imp. des Sciences de Saint-Pétersbourg*, t. IX, n° 4).

m'avait permis, néanmoins, de suivre toutes les phases de la double copulation sexuelle et de constater qu'elle présente effectivement les mêmes caractères que dans ces deux dernières espèces. La fécondation s'y accomplit également avec une lenteur relativement grande.

» Il n'en est plus de même chez l'*Endymion,* où il m'a fallu de nombreuses observations pour la saisir sur le fait. Cette Jacinthe offre, d'ailleurs, au point de vue de la constitution de l'appareil sexuel femelle, certaines différences par rapport aux plantes précédentes. La principale consiste en ce que les deux noyaux polaires, dont l'union produit le noyau secondaire du sac embryonnaire, s'accolent l'un à l'autre longtemps avant la pénétration du tube pollinique dans l'ovule, tandis que, dans le Lis et la Fritillaire, ils restent presque toujours séparés jusqu'au moment de la fécondation. Mais, quoique aplatis à leur surface de contact. ils ne se fusionnent pas; leur contour reste distinct et leurs éléments figurés, charpente chromatique et nucléoles, conservent les caractères qu'ils présentaient avant leur accolement. L'un des deux noyaux mâles sortis du tube pollinique vient s'unir à eux au niveau de leur surface de contact; puis il grossit peu à peu, et les trois noyaux soudés ensemble ne se fusionnent réellement qu'aux premiers stades de la division de la masse commune qui donne naissance à l'albumen.

» Par cet accolement constant des deux noyaux polaires et l'absence de fusion en un noyau unique avant la fécondation, la Jacinthe des bois se montre intermédiaire entre le Lis et le Fritillaire, où ces noyaux restent ordinairement isolés avant l'arrivée du tube pollinique, et les plantes, beaucoup plus nombreuses, où leur fusion est complète parfois assez longtemps avant la fécondation ([1]).

» En raison de son importance, l'étude de la double copulation devait nécessairement être étendue à d'autres plantes que les Monocotylédones dont il vient d'être question; car, si son existence pouvait déjà être considérée comme générale chez les Angiospermes, il était à croire qu'elle donnerait lieu, sur plus d'un point, à des remarques intéressantes. C'est ce qu'il me serait possible de montrer dès à présent chez plusieurs Dicotylédones, en particulier les Renonculacées, chez lesquelles j'ai observé aussi cette double fécondation; mais je me réserve d'y revenir plus tard, et, pour

---

([1]) E. Strasburger, *Ueber Befruchtung und Zelltheilung* (*Jenaische Zeitschr.*; 1877). — L. Guignard, *Recherches sur le sac embryonnaire des Phanérogames Angiospermes* (*Ann. des Sc. nat., Bot.*; 1882).

le moment, je me propose seulement de résumer les faits particuliers que j'ai constatés en étudiant les Tulipes.

» Les nombreuses variétés du *Tulipa Gesneriana* cultivées dans les jardins sont fréquemment stériles ou ne donnent qu'un petit nombre de graines; les espèces sauvages, telles que le *T. Celsiana* et le *T. sylvestris*, sont ordinairement plus fertiles et permettent d'étudier plus facilement les phénomènes qui ont trait à la fécondation.

» Ces trois espèces ne présentent pas les mêmes caractères au point de vue de la constitution de l'appareil sexuel.

» Dans les variétés du *Tulipa Gesneriana* que j'ai examinées, le sac embryonnaire, à l'état adulte, est élargi dans ses deux tiers supérieurs, et rétréci en cul-de-sac dans son tiers inférieur. Comme à l'ordinaire, les synergides et l'oosphère en occupent le sommet, les antipodes la partie basilaire rétrécie; les deux noyaux polaires sont d'abord placés chacun dans le voisinage du groupe nucléaire auquel ils appartiennent, et, comme dans le Lis et le Fritillaire, l'inférieur devient plus gros que le supérieur, assez longtemps avant la fécondation.

» Dans le *Tulipa Celsiana* et le *T. sylvestris,* qui se ressemblent sous tous les rapports, le sac embryonnaire est ovoïde et contient à la base une grande vacuole. Par trois bipartitions successives, son noyau primaire fournit, suivant la règle générale, huit noyaux; mais, au lieu d'être groupés en deux tétrades, l'une au sommet, l'autre à la base, ces noyaux restent d'abord tous à peu près à égale distance les uns des autres dans le protoplasme qui surmonte la vacuole. Deux d'entre eux sont plus petits et présentent un aspect plus chromatique, par suite de la condensation plus grande de leurs éléments figurés; situés près du sommet du sac, ils représentent évidemment les noyaux des deux synergides. Parmi les six autres noyaux, cinq ressemblent à des vésicules dans lesquelles on distingue des filaments chromatiques libres, disposés à la périphérie, au voisinage ou au contact de la membrane nucléaire, et accompagnés de deux petits nucléoles; le sixième, au contraire, a une charpente chromatique fine et serrée, occupant toute la cavité nucléaire, avec des nucléoles multiples; de plus, ce noyau spécial est presque toujours situé à un niveau inférieur aux autres, dans la partie basilaire du sac, sur le côté de la vacuole.

» A un moment donné, il apparaît dans le protoplasme commun des lignes granuleuses excessivement délicates, qui séparent le territoire protoplasmique appartenant à chacun des huit noyaux. Par l'action de cer-

tains réactifs, les cellules nues ainsi délimitées s'isolent quelque peu les unes des autres sur tout ou partie de leur périphérie; c'est le noyau basilaire qui possède le territoire protoplasmique le plus étendu, les autres cellules étant à peu près égales. Aucune d'elles ne s'entoure d'une membrane véritable, et rien ne permet de distinguer nettement l'oosphère, même au moment où le tube pollinique, arrivé au sommet du sac embryonnaire, y déverse son contenu pour opérer la fécondation. Tout ce que l'on peut remarquer, c'est que la cellule qui joue le rôle d'oosphère est située dans le voisinage des synergides.

On ne retrouve donc pas ici la différenciation qui existe généralement chez les autres plantes entre les synergides et l'oosphère d'une part, les antipodes et les noyaux polaires d'autre part. Seuls, les noyaux des synergides et le noyau basilaire se reconnaissent à des caractères particuliers. Comme on le verra dans un instant, le noyau basilaire joue le rôle de noyau polaire inférieur au moment de la fécondation.

» Après son entrée dans le micropyle de l'ovule, le tube pollinique se dilate d'une façon très marquée durant son trajet vers le sommet du sac embryonnaire, dans lequel il pénètre et expulse ses deux anthérozoïdes. Ceux-ci ont ordinairement la forme de noyaux allongés et plus ou moins courbés en croissant ou en crochet; à leur sortie du tube pollinique, ils sont entourés d'une substance dense, dont une partie représente vraisemblablement le protoplasme propre des deux cellules mâles primitives.

» L'un de ces noyaux mâles s'unit au noyau de la cellule qui joue le rôle d'oosphère, et dont le protoplasme s'entoure alors d'une membrane délicate; l'autre s'accole à celui des noyaux voisins qui représente le noyau polaire supérieur, avec lequel il va ensuite rejoindre le noyau basilaire. Ce dernier doit donc être considéré comme noyau polaire inférieur. Souvent aussi, les deux noyaux polaires se mettent en contact avant la copulation et, par suite, la formation du noyau secondaire du sac est antérieure à ce phénomène. Mais, même dans ce cas, l'accolement des noyaux polaires est toujours très tardif et il ne semble pas se produire avant l'arrivée du tube pollinique au sommet du sac embryonnaire. Sous ce rapport, les plantes dont il s'agit se comportent à peu de chose près comme le Lis et le Fritillaire.

» Lorsque les deux copulations ont eu lieu, les noyaux mâles grossissent au contact des noyaux femelles et prennent peu à peu les caractères ordinaires de l'état de repos.

» Dans l'oosphère, le noyau mâle se distingue assez longtemps du noyau femelle par sa moindre dimension et sa colorabilité plus prononcée. La fusion des noyaux n'a lieu réellement qu'aux premières phases de la division de l'œuf, après que les chromosomes sont déjà devenus distincts dans chacun d'eux. Au moment où cette division se produit, il y a déjà, dans la plupart des cas, quatre noyaux d'albumen dans le sac embryonnaire.

» L'autre copulation, qui porte sur les noyaux polaires, présente les mêmes caractères essentiels que la précédente, avec cette différence que le noyau mâle grossit beaucoup plus rapidement, puisque la division de la masse nucléaire commune doit se faire avant celle de l'œuf pour donner naissance à l'albumen.

» Quant aux autres noyaux restés sans emploi, on les retrouve pendant un certain temps, après la fécondation, dans la partie supérieure du sac embryonnaire, au pourtour de l'embryon en voie de développement. Ils se reconnaissent à leur structure spéciale et à leur dimension toujours moindre que celle des premiers noyaux de l'albumen; peu à peu, ils diminuent de grosseur et se résorbent.

» En résumé, on voit que, dans un même genre, certaines espèces peuvent offrir, au point de vue de la constitution de l'appareil sexuel femelle, des caractères assez différents de ceux qui existent dans les espèces voisines. Le *Tulipa Celsiana* et le *T. sylvestris*, comparés aux nombreuses variétés horticoles du *T. Gesneriana*, en fournissent un intéressant exemple. Ces deux espèces se distinguent par la faible différenciation des cellules qui, chez les autres Angiospermes, forment le groupe des synergides et de l'oosphère au sommet du sac embryonnaire et celui des antipodes à la base; non seulement, en effet, elles sont toutes dépourvues de membranes d'enveloppe, mais celles qui correspondent aux antipodes restent dans la région centrale du sac embryonnaire. La double fécondation ne s'en effectue pas moins avec les caractères essentiels qu'on lui connaît chez les plantes mentionnées au début de cet exposé (¹). »

(¹) Le travail résumé dans cette Note paraîtra prochainement dans les *Ann. des Sc. nat., Bot.*, t. XI, 5e série.

TOPOGRAPHIE. — *Sur les travaux de reconnaissance exécutés par les ingénieurs russes par la méthode photographique.* Note de M. LAUSSEDAT.

« J'ai l'honneur de signaler à l'Académie les résultats très remarquables obtenus par les ingénieurs russes, en appliquant la méthode photographique à l'étude du terrain pour la rédaction des avant-projets des chemins de fer transbaïkal et transcaucasien.

» Je tiens les renseignements qui suivent du chef des deux expéditions dont il s'agit, M. l'Ingénieur des voies de communication Richard Thilé.

» La première de ces expéditions a été entreprise en 1897. Le 1er mai de cette année, deux brigades, composées chacune d'un ingénieur, de deux élèves de l'École des voies de communication en qualité d'assistants et d'un photographe, quittaient Saint-Pétersbourg pour se rendre dans la Transbaïkalie. M. Thilé dirigeait la première, et son collègue, M. Ichtschouroff, la seconde. Il y avait avec eux un mécanicien chargé de l'entretien et de la réparation des instruments.

» Après un trajet dont une grande partie (plus de 2000 verstes) sur des chemins abominables, les deux brigades atteignaient Oustj-Ononn et s'avançaient jusqu'à la frontière de Chine, le long du fleuve Argonne, en procédant aux opérations.

» Du 21 juillet au 26 août, elles effectuaient une triangulation entre deux points distants de 130 verstes, mesuraient plusieurs bases et prenaient 96 vues panoramiques comprenant chacune 8 épreuves. Dès le 15 août, les quatre élèves ingénieurs suffisamment initiés retournaient à Saint-Pétersbourg, et M. Ichtschouroff, avec l'un des photographes, regagnait la station de Oustj-Ononn pour y calculer, rapporter la triangulation et développer plus à l'aise 600 des négatifs qui n'avaient pas pu l'être sur le terrain à cause des déplacements fréquents.

» Le 7 septembre, assisté seulement du mécanicien et muni de tentes de nomades, M. Thilé quittait le poste de Kloutschewskoy pour entreprendre l'étude d'une nouvelle ligne de 125 werstes de longueur allant jusqu'à la frontière de Chine (voir la Carte exposée à l'échelle de $\frac{1}{144000}$), enfin, en revenant, il étudiait encore une variante de 38 werstes commençant non loin de la station Nagadan.

» Ces derniers levers, comprenant la mesure de quatre bases, les trian-

gulations et 83 panoramas photographiques, furent effectués en quatre semaines, dont il faut déduire une perte de six jours occasionnée par un incendie de la steppe qui obligea les opérateurs à prendre la fuite, et par une tempête de neige accompagnée d'un vent violent qui dura trois jours.

» De retour à Irkoutsk (où se trouve l'administration du chemin de fer transbaïkal), les deux ingénieurs construisirent, à l'échelle de $\frac{1}{48000}$, une première minute du plan de la région levée à l'aide de 800 photographies, sur lequel furent tracés les cours d'eau, les vallées, etc., sur une étendue de 3000 werstes carrées et des courbes de niveau approximatives de 5 toises en 5 toises russes ($10^{m},67$) déduites de points dont les altitudes étaient bien déterminées. Cette minute fut aussitôt employée par l'administration à la rédaction des avant-projets des travaux du chemin de fer.

» L'expédition quittait Irkoutsk le 12 décembre et rentrait à Saint-Pétersbourg, où était exécutée la mise au net des levés, toujours à l'échelle de $\frac{1}{48000}$.

» Le plan définitif était terminé et remis au Ministre des Voies de communication, prince Hilkoff, le 1er juin 1898.

» Ainsi, en moins d'un an et dans une contrée particulièrement inhospitalière, on était parvenu à lever, avec une approximation tout à fait suffisante pour le but à atteindre, une bande de terrain de 3000 werstes carrées (130 werstes de longueur sur une largeur moyenne de 23 werstes).

» M. Thilé ajoute qu'en tenant compte des traitements et des salaires du personnel et même du prix d'acquisition des instruments, la werste carrée de ce levé n'a coûté que 10 roubles, tandis que celui de la werste carrée levée à la planchette revient à 30 roubles, et l'on ne saurait oublier qu'en employant la première méthode, les centaines de photographies qui ont servi à construire le plan sont autant de documents authentiques, pleins d'intérêt par eux-mêmes et qui en assurent l'exactitude.

» Dès le mois de juillet 1898, MM. Thilé et Ichtschouroff se rendaient dans la Transcausie pour y étudier le tracé des lignes de chemin de fer de Tiflis à Kars et à Erivan, et d'Erivan à Djoulf, dans une contrée très montagneuse, et jusqu'à la frontière de Perse par le grand défilé de Bambak (Tiflis-Kars) et le petit défilé d'Alindja-Tschaï. Je mets sous les yeux de l'Académie quelques-unes des belles photographies prises par M. Thilé dans le défilé de Bambak.

» En ce moment même et depuis la fin de l'année dernière, les travaux photographiques sont poursuivis en Transcaucasie et sur la ligne projetée du chemin de fer électrique entre Noworossijsk et Touapsé, sur le bord de

la mer Noire; enfin, ils ont été entrepris dans différentes directions, de la frontière de Perse à Téhéran et de cette capitale au golfe Persique.

» Je ne donne aucun détail sur les excellents procédés photographiques (dont les épreuves exposées font foi), ni sur les instruments employés par M. Thilé, qui n'a eu qu'à choisir parmi les nombreux photothéodolites que l'on construit aujourd'hui partout en Europe et qui s'est arrêté définitivement aux derniers modèles proposés par l'ingénieur italien Paganini Pio, l'un des adeptes les plus anciens et les plus distingués de la méthode photographique.

» Pour les grandes plaines à explorer entre Téhéran et le golfe Persique, qui se prêtent moins bien que les pays de montagnes à la méthode ordinaire, M. Thilé a construit un appareil panoramique très ingénieux composé de plusieurs chambres noires accolées qu'il compte, en mettant à profit les idées de nos compatriotes MM. Arthur Batut et Em. Wenz, enlever à des hauteurs convenables pour bien découvrir le terrain au moyen de cerfs-volants exécutés au parc aréostatique de Saint-Pétersbourg.

« Nous ne pouvons que souhaiter à cette tentative le même succès que celui déjà réalisé dans la Transbaïkalie et la Transcaucasie. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle réaction que présentent certaines aldéhydes aromatiques vis-à-vis du bornéol sodé.* Note de M. A. HALLER.

« Dans nos Communications antérieures (¹), nous avons montré qu'en faisant agir certaines aldéhydes aromatiques (benzoïque, anisique, méthylsalicylique, métaméthoxybenzoïque, cuminique, pipéronylique) sur le camphre sodé, préparé d'après la méthode de M. Baubigny, il se forme des combinaisons qu'on peut considérer comme résultant de l'addition d'une molécule d'aldéhyde aromatique à une molécule de camphre, avec élimination d'une molécule d'eau

$$C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CO \end{matrix}\right. + R.CHO = C^8H^{14}\left\langle\begin{matrix} C = CH.R \\ | \\ CO \end{matrix}\right. + H^2O.$$

» L'allure générale de ces nouvelles combinaisons, et en particulier la

(¹) *Comptes rendus*, t. CXIII, p. 22; t. CXVIII, p. 1270.

propriété qu'elles possèdent de fournir par hydrogénation des alcoylcamphres dont l'un, le benzylcamphre, est absolument identique avec le produit qu'on obtient en traitant le camphre sodé par du chlorure de benzyle [1], semble mettre hors de doute leur constitution et, par suite, leur formule. Aussi leur formation aux dépens du bornéol sodé, sur lequel on fait réagir des aldéhydes aromatiques, présente-t-elle quelque intérêt au point de vue des réactions qui doivent se produire.

» On sait, d'après les recherches de M. Claisen, que, lorsqu'on chauffe de l'aldéhyde benzoïque avec du méthylate de sodium, il se forme du benzoate de méthyle, de l'alcool benzylique et du benzoate de benzyle

$$2x C^6H^5.CHO + y CH^3OH$$
$$= y(C^6H^5.CO^2CH^3 + C^6H^5.CH^2OH) + (x-y) C^6H^5.CO^2CH^2C^6H^5.$$

» Dans le but de nous rendre compte si l'aldéhyde benzoïque se comporte vis-à-vis du bornéol sodé comme à l'égard de l'alcool méthylique sodé, nous avons traité une solution de camphol sodé dans l'éther de pétrole par de l'aldéhyde benzoïque. Le mélange s'échauffe et quand la réaction est terminée, on neutralise avec de l'acide acétique glacial, on décante, on lave la liqueur éthérée avec une solution de carbonate de soude pour enlever l'acide benzoïque, et l'on distille. On élimine ainsi la majeure partie du bornéol et d'une huile qui l'accompagne, et il reste dans la cornue du benzylidènecamphre qu'il suffit de faire cristalliser.

» Cet essai a été répété : 1° sur un bornéol artificiel renfermant de petites quantités d'isobornéol; 2° sur un isobornéol presque pur, de pouvoir rotatoire (solution alcoolique) $[\alpha]_D = -26°11$; 3° sur un bornéol gauche pur ayant le pouvoir rotatoire normal $-37°$ environ. Dans chaque essai on a obtenu, au sens du pouvoir rotatoire près, le même benzylidènecamphre, comme le montrent les constantes observées.

Bornéol employé.	Point de fusion	et	Pouvoir rotatoire du benzylidènecamphre.
1. Bornéol droit ordinaire....	95-96		$[\alpha]_D = +428°'$ (solution alcoolique)
2. Bornéol gauche pur.......	95-96		$[\alpha]_D = +424\ 53$ (id.)
3. Isobornéol gauche........	95-96		$[\alpha]_D = +437\ 23$ (id.)

» Ainsi, que l'on ait affaire à un bornéol normal stable (1 et 2), ou à un isobornéol (3), on obtient toujours la combinaison benzylidénique corres-

---

(1) *Ibid.*, t. CXII, p. 1490.

pondant au camphre qui dérive du bornéol. Or, le bornéol droit ordinaire et l'isobornéol gauche donnent tous deux par oxydation du camphre droit, aussi le benzylidènecamphre obtenu avec ces deux bornéols est *droit*. Au bornéol gauche correspond un camphre gauche; il en résulte que le benzylidènecamphre auquel il donne naissance est nécessairement *gauche*.

» La production de ces dérivés benzylidéniques est toujours accompagnée de la formation de produits huileux en plus ou moins grande quantité. Quoi qu'il en soit de ces produits, nous pouvons dès maintenant affirmer que les réactions qui se passent entre le bornéol sodé et l'aldéhyde benzoïque s'écartent de celles observées par M. Claisen. Nous n'essaierons donc pas de traduire le phénomène avant de connaître la nature des dérivés qui accompagnent le benzylidènecamphre. Nous pouvons cependant dès maintenant ajouter que, dans les conditions de milieu étudiées, l'aldéhyde benzoïque a pour effet de déterminer l'oxydation du bornéol sodé en camphre sodé, lequel subit alors la condensation avec l'aldéhyde dans le sens indiqué plus haut. Il est probable que l'hydrogène provenant de cette oxydation se porte sur une molécule d'aldéhyde benzoïque et la transforme en alcool benzylique.

» Pour corroborer les phénomènes observés avec l'aldéhyde benzoïque, nous avons fait agir d'autres aldéhydes sur le bornéol sodé gauche de Ngai.

» Ce dernier a été choisi à dessein, parce qu'on peut l'avoir très pur dans le commerce, et aussi parce que nous désirions préparer les dérivés gauches correspondant aux composés droits étudiés antérieurement.

» *Orthométhoxybenzylidènecamphre ou méthylsalicylidènecamphre gauche.* — On dissout 60gr de bornéol gauche pur dans de l'éther de pétrole et l'on y ajoute 4,6 de sodium en fil. Quand tout le sodium est à peu près dissous, on ajoute 27gr d'aldéhyde méthylsalicylique et l'on achève l'opération comme avec l'aldéhyde benzoïque. Le méthylsalicylidènecamphre purifié par cristallisation fond à 92°-94° et possède en solution alcoolique le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -414°,58'$. Le dérivé droit correspondant a le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +431°,50$ (en solution dans le toluène).

» *Paraméthoxybenzylidène ou anisylidènecamphre gauche.* — Ce composé a été préparé comme son isomère ortho. Les cristaux fondent à 125° et possèdent le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -528°,17'$, tandis que le dérivé droit accuse un pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +467°,07$ (1).

---

(1) L'écart qui existe entre le pouvoir rotatoire des dérivées droit et gauche provient uniquement de ce que ces mesures ont été faites à des concentrations différentes et dans des solvants différents. Nous reviendrons d'ailleurs sur ces mesures.

» *Pipéronylidènecamphre gauche.* — Préparé comme ses congénères, ce dérivé se présente sous la forme de fines aiguilles fondant à 159°,5 et possédant le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = -393°,8'$. Le dérivé droit correspondant a montré le pouvoir rotatoire $[\alpha]_D = +435°,40$ ([1]).

» Nous nous proposons d'étendre cette réaction à d'autres alcools secondaires, et, en particulier, à des corps cycliques comme l'isopulégol, le thuyol, l'alcool fenolique, etc. Nous sommes occupé à étudier également l'action des aldéhydes aromatiques sur la menthone, la pulégone, la carvone, la fénone, dans le but d'obtenir des combinaisons analogues à celles que nous venons de décrire, pour en déterminer les indices de réfraction et les pouvoirs rotatoires. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. F. Masure adresse, par l'entremise de M. Müntz, un Mémoire intitulé : « Recherches expérimentales sur les fermentations des moûts de raisin frais, en cuves fermées à l'accès de l'air, en cuves ouvertes à orifice étroit, et en cuves largement ouvertes à l'air ».

(Renvoi à la Section d'Économie rurale.)

CORRESPONDANCE.

M. Schwendener, nommé Correspondant, adresse ses remercîments à l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel appelle l'attention de l'Académie sur un Volume que viennent de publier MM. *H. Le Chatelier* et *O. Boudouard*, sous le titre : « Mesure des températures élevées ».

M. le Secrétaire perpétuel signale une brochure intitulée : « Stas et les lois de poids » ; par M. *L. Henry*.

([1]) *Loc. cit.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une application de la méthode des approximations successives.* Note de M. A. **Davidoglou**, présentée par M. E. Picard.

« Considérons l'équation

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = \varphi(x) y \qquad [\varphi(x) \geqq 0 \text{ pour } a \leqq x \leqq b] \tag{1}$$

utile pour l'étude des équations de même forme mais qui contiennent un paramètre variable, et qu'on rencontre dans la théorie des verges élastiques.

» Le premier problème à résoudre est de savoir dans quels cas une pareille équation admet une intégrale $y_1(x)$ tangente à Ox en a et b et positive dans cet intervalle.

» Remarquons d'abord que si la fonction $\Psi(x)$ est positive dans ab, l'intégrale de l'équation

$$\frac{d^4 u}{dx^4} = \Psi(x)$$

tangente à Ox en a et b est aussi positive dans cet intervalle. Cela étant, on démontre immédiatement que si l'équation (1) admet une intégrale $y_1(x)$ positive et non nulle dans ab, telle que

$$y_1'(a) \geqq 0, \qquad y_1'(b) \leqq 0$$

(et même dans un cas beaucoup plus général), cette intégrale est donnée par la méthode des approximations successives. Elle sera donc l'unique intégrale répondant aux mêmes conditions initiales et finales (point et tangente en a, point et tangente en b). L'existence d'une pareille intégrale entraîne la *non-existence* dans ab de l'intégrale $z(x)$, non identiquement nulle, tangente à Ox en a et b. En effet, on peut choisir une constante $C > 0$ telle qu'on ait, dans ab,

$$Z(x) = C y_1(x) + z(x) > 0;$$

les deux intégrales $Cy_1(x)$ et $z(x)$ répondent aux mêmes conditions initiales et finales, ce qui est inadmissible [ce résultat subsiste même si les points de contact de $z(x)$ sont intérieurs à ab]. On est ainsi conduit à chercher dans quels intervalles ab il existe une intégrale positive et telle que la méthode des approximations successives soit applicable.

» Pour cela, on commencera les approximations successives avec la constante $y_0 = 1$; on aura ainsi les équations

$$\frac{d^4 y_0}{dx^4} = 0,$$
$$\frac{d^4 y_1}{dx^4} = \varphi(x) y_0,$$
$$\dots\dots\dots\dots\dots,$$
$$\frac{d^4 y_n}{dx^4} = \varphi(x) y_{n-1},$$

$y_n(x)$ étant déterminée par les conditions

$$y_n(a) = y_n(b) = 1.$$
$$y'_n(a) = y'_n(b) = 0.$$

» Posons

$$u_0 = y_0, \qquad u_1 = y_1 - y_0, \qquad \dots, \qquad u_n = y_n - y_{n-1},$$
$$W_{m,n} = \int_a^b \varphi(x) u_m u_n dx, \qquad V_{m,n} = \int_a^b \frac{d^2 u_m}{dx^2} \frac{d^2 u_n}{dx^2} dx.$$

On démontrera que

» 1° $\quad 0 < u_n(x) < q \int_a^b \varphi(x) u_{n-1} dx \qquad (q = \text{quantité fixe});$

» 2° $\quad W_{m,n} = V_{m+1,n} = W_{m+n}$

c'est-à-dire que les W et les V ne dépendent que de la somme $m + n$;

» 3° $\quad \frac{W_1}{W_0} < \frac{W_2}{W_1} < \dots < \frac{W_n}{W_{n-1}} <$ quantité fixe;

le rapport $\frac{W_n}{W_{n-1}}$ tend donc vers une limite c;

» 4° La série Σu_i est convergente ou non uniformément convergente suivant que c est $<$ ou > 1.

» 5° Pour $c = 1$, on a une intégrale tangente à Ox en a et b et positive dans ab.

» Plaçons-nous dans ce dernier cas : pour tout intervalle $a_1 b_1$ compris dans ab, on aura $c_1 < 1$ et, par suite, une intégrale doublement tangente à Ox est identiquement nulle dans cet intervalle. De même, pour tout intervalle $ab_2 (b_2 > b)$, on aura $c_2 > c = 1$, c'est-à-dire qu'il n'existe pas d'intégrale tangente à Ox en a et b_2 et *positive* dans ab_2. Mais nous allons démontrer qu'il existe une suite infinie de points $b_2, b_3, \dots, b_n, \dots,$ telle

que l'intégrale $y_n(x)$ soit tangente à Ox en a et b_n et change $(n-1)$ fois de signe dans ab_n.

» Désignons par $y_1(x)$ l'intégrale tangente à Ox en a et b, et posons

$$\omega = y_1''(a) > 0,$$
$$\omega_1 = y_1'''(a) < 0.$$

» Nous envisagerons l'intégrale $y_\lambda(x)$ telle que

$$y_\lambda(a) = y'_\lambda(a) = 0,$$
$$y''_\lambda(a) = \omega, \qquad y'''_\lambda(a) = \lambda < \omega_1;$$

y_λ sera une fonction continue de λ qu'on pourra déterminer de proche en proche. La considération des intégrales

$$y_1(x) - y_\lambda(x) = z_\lambda(x) \qquad (\lambda < \omega_1),$$
$$y_\lambda(x) - y_{\lambda'}(x) = z_{\lambda'}(x) \qquad (\lambda' < \lambda < \omega_1),$$

toutes positives et croissantes, d'après (1), montre que :

» 1° Pour λ voisin de ω_1, y_λ coupe Ox en x_λ et x'_λ voisins de b et situés de part et d'autre de ce point; elle est positive de a à x_λ, négative de x_λ à x'_λ;

» 2° Quand λ décroît, x_λ va vers la gauche et x'_λ vers la droite, x_λ étant à chaque instant le seul zéro entre a et x'_λ.

» Soit b' le point tel qu'il existe une intégrale tangente à Ox en b et b', et positive dans bb'; $\left(\frac{dy_\lambda}{dx}\right)_{x'_\lambda}$ qui commence par être positive s'annulera certainement entre b et b'. En effet, entre deux intégrales y, Y de (1) on a

$$y\frac{d^3Y}{dx^3} - Y\frac{d^3y}{dx^3} = \text{const.} + \frac{dy}{dx}\frac{d^2Y}{dx^2} - \frac{dY}{dx}\frac{d^2y}{dx^2};$$

et en prenant $y = y_1$, $Y = y_\lambda$ on voit immédiatement que

$$\left(\frac{dy_\lambda}{dx}\right)_{x=b} < 0$$

et par suite

$$\left[\frac{d(-y_\lambda)}{dx}\right]_{x=b} > 0, \qquad \left[\frac{d(-y_\lambda)}{dx}\right]_{x=b'} \leq 0.$$

» Les approximations successives convergeraient pour cette intégrale, ce qui est incompatible avec l'existence d'une intégrale tangente à Ox en b et b' (on suppose ici l'existence de l'intervalle bb'). Nous trouvons donc une intégrale $y_2(x)$ de (1) tangente à Ox en a et $b_2 (b_2 > b)$ et changeant une fois de signe dans ab_2. Soit $\omega_2 = y_2'''(a) < \omega_1$. On démontre à l'aide du théorème de Rolle que, pour $x > b_2$, $y_2(x)$ ne s'annule plus. En faisant

parcourir à λ les mêmes valeurs, mais en sens contraire (à partir de ω_2) et en portant notre attention sur la branche infinie ($x > b_2$), on démontre par le même procédé que pour une valeur de λ, $\lambda = \omega_3 (\omega_2 < \omega_3 < \omega_1)$, l'intégrale correspondante sera tangente à Ox en a et b_3 ($b_3 > b_2$) et ainsi de suite.

» C'est de ce théorème que nous ferons usage pour l'étude de l'équation

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = k\varphi(x)y,$$

renfermant le paramètre arbitraire k. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des équations linéaires à discriminant non nul.* Note de M. **J. Le Roux**, présentée par M. Darboux.

« En cherchant à étendre aux équations linéaires à un nombre quelconque de variables indépendantes les méthodes dont j'ai fait usage dans le cas de deux variables, j'ai obtenu quelques résultats intéressants.

» Rappelons qu'à toute équation linéaire d'ordre p, à n variables indépendantes, correspondent des surfaces caractéristiques (variétés à $n-1$ dimensions) définies par une équation aux dérivées partielles, homogène du premier ordre et du $p^{\text{ième}}$ degré. Je suppose le discriminant de cette équation homogène différent de zéro.

» Dans cette hypothèse, on peut représenter par des intégrales multiples à $n-1$ dimensions et à limites variables toutes les intégrales de l'équation proposée, quand on a préalablement obtenu :

» 1° Une intégrale complète de l'équation des caractéristiques;

» 2° Une solution particulière de l'équation considérée satisfaisant à des conditions analogues à celles qui définissent nos *intégrales principales*.

» Considérons, par exemple, l'équation du second ordre à trois variables indépendantes

$$(1)\quad \left\{\begin{aligned} &A\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + A'\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + A''\frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + 2B\frac{\partial^2 u}{\partial y\,\partial z} + 2B'\frac{\partial^2 u}{\partial z\,\partial x} + 2B''\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y}\\ &\qquad + 2C\frac{\partial u}{\partial x} + 2C'\frac{\partial u}{\partial y} + 2C''\frac{\partial u}{\partial z} + Du = 0.\end{aligned}\right.$$

» Les surfaces caractéristiques sont définies par l'équation homogène du second degré

$$(2)\quad A\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 + A'\left(\frac{\partial\varphi}{\partial y}\right)^2 + A''\left(\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)^2 + 2B\frac{\partial\varphi}{\partial y}\frac{\partial\varphi}{\partial z} + 2B'\frac{\partial\varphi}{\partial z}\frac{\partial\varphi}{\partial x} + 2B''\frac{\partial\varphi}{\partial x}\frac{\partial\varphi}{\partial y} = 0.$$

dont le discriminant est supposé différent de zéro. Soit $u(x, y, z, \alpha, \beta)$ une solution particulière de l'équation (1), α et β désignant des paramètres arbitraires.

» La fonction définie par l'intégrale double

$$U = \int\int f(\alpha, \beta) u(x, y, z, \alpha, \beta) \, d\alpha \, d\beta \tag{3}$$

est une nouvelle solution, quelle que soit la fonction $f(\alpha, \beta)$, pourvu que le champ d'intégration d'une part, et d'autre part la solution $u(x, y, z, \alpha, \beta)$ satisfassent aux conditions que nous allons définir.

» 1° Si nous considérons α et β comme les coordonnées rectilignes d'un point, le champ d'intégration sera représenté par une aire plane dont le contour se composera d'une partie fixe et d'une partie variable (c'est-à-dire dépendant des variables x, y, z). C'est ce que nous appellerons la *limite fixe* et la *limite variable* de l'intégrale double. La première peut être quelconque, la seconde doit être définie par une équation de la forme

$$\beta = \varphi(x, y, z, \alpha) \tag{4}$$

qui représente une intégrale complète, d'ailleurs arbitraire, de l'équation aux dérivées partielles des caractéristiques.

» 2° Sur la surface caractéristique définie par l'équation (4) où l'on regarde de nouveau α et β comme des paramètres constants, la formation $u(x, y, z, \alpha, \beta)$ doit être égale à une intégrale quelconque de l'équation suivante

$$(5) \quad \left\{ \begin{aligned} &\frac{\partial\varphi}{\partial x}\left(A\frac{\partial u}{\partial x} + B''\frac{\partial u}{\partial y} + B'\frac{\partial u}{\partial z} + Cu\right) + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\left(B''\frac{\partial u}{\partial x} + A'\frac{\partial u}{\partial y} + B\frac{\partial u}{\partial z} + C'u\right) \\ &\quad + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\left(B'\frac{\partial u}{\partial x} + B\frac{\partial u}{\partial y} + A''\frac{\partial u}{\partial z} + C''u\right) \\ &\quad + \frac{u}{2}\left(A\frac{\partial^2\varphi}{\partial x^2} + A'\frac{\partial^2\varphi}{\partial y^2} + A''\frac{\partial^2\varphi}{\partial z^2} + 2B\frac{\partial^2\varphi}{\partial y\,\partial z} + 2B'\frac{\partial^2\varphi}{\partial z\,\partial x} + 2B''\frac{\partial^2\varphi}{\partial x\,\partial y}\right) = 0. \end{aligned} \right.$$

» Cela posé, considérons une courbe analytique quelconque de l'espace. Par cette courbe passent en général deux nappes de surfaces caractéristiques. On sait que toute intégrale de l'équation (1) est déterminée par les valeurs qu'elle prend sur ces deux surfaces. Or, dans la formule (3), on peut disposer, en général, de la fonction arbitraire $f(\alpha, \beta)$ et de la *limite fixe* de l'intégrale double de telle façon que la fonction U s'annule sur l'une des deux nappes considérées, et prenne sur l'autre des valeurs données d'avance. Nous avons donc le droit de dire que l'*intégrale générale* de l'équation (1) est donnée par la formule (3).

» L'exemple suivant montrera la portée de ce qui précède. Considérons l'équation

(A) $$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = 0$$

et prenons comme surfaces caractéristiques les plans

(B) $$x \cos\alpha + y \sin\alpha - z - \beta = 0,$$

qui correspondent à une intégrale complète.

» On satisfait à l'équation (A) et à la condition (5) en posant

$$u(x, y, z, \alpha, \beta) = 1.$$

» Donc l'intégrale générale de l'équation (A) sera donnée par la formule

(C) $$U = \int\int f(\alpha, \beta)\, d\alpha\, d\beta,$$

où la *limite variable* de l'intégrale double est définie par l'équation (B), la *limite fixe* étant indéterminée.

» Si l'on prend comme limite fixe une courbe analytique

$$\beta = \psi(\alpha),$$

l'intégrale double U se ramène à une somme d'intégrales simples de la forme

$$\int_{\alpha_0}^{\alpha_1} \{ F(\alpha, x \cos\alpha + y \sin\alpha - z) - F[\alpha, \psi(\alpha)]\, d\alpha \},$$

dans lesquelles les limites α_0, α_1 sont des nombres constants ou des racines de l'équation

(D) $$x \cos\alpha + y \sin\alpha - z - \psi(\alpha) = 0.$$

» Remarquons que, si les racines α_0, α_1 deviennent égales, le point (x, y, z) se trouve sur la surface caractéristique enveloppe du plan (D). »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'extension des propriétés des réduites d'une fonction aux fractions d'interpolation de Cauchy.* Note de M. **H. Padé**, présentée par M. Appell.

« 1. Dans la Note V de son *Analyse algébrique*, Cauchy, généralisant la formule d'interpolation de Lagrange, a donné une expression de la fraction

dont les termes sont de degrés égaux respectivement à $n - 1$ et m, et qui, pour $x = x_0, x_1, x_2, \ldots, x_{m+n-1}$, prend $m + n$ valeurs correspondantes données $u_0, u_1, u_2, \ldots, u_{m+n-1}$.

» En remplaçant m par μ, $n - 1$ par ν, et désignant par

$$\mathrm{D}(a_1, a_2, \ldots, a_p \mid b_1, b_2, \ldots, b_q)$$

le produit des pq différences $a_i - b_j$, cette fraction peut s'écrire

$$(1)\qquad \frac{\sum \dfrac{u_0\, u_1\, u_2 \ldots u_\mu}{\mathrm{D}(x_0, x_1, \ldots, x_\mu \mid x_{\mu+1}, \ldots, x_{\mu+\nu})}(x - x_{\mu+1}) \ldots (x - x_{\mu+\nu})}{\sum \dfrac{u_0\, u_1\, u_2 \ldots u_{\mu-1}}{\mathrm{D}(x_0, x_1, \ldots, x_{\mu-1} \mid x_\mu, x_{\mu+1}, \ldots, x_{\mu+\nu})}(x_0 - x) \ldots (x_{\mu-1} - x)},$$

les signes $\sum$ s'étendant respectivement à toutes les combinaisons d'ordres $\mu + 1$ et μ des indices $0, 1, 2, \ldots, \mu + \nu$.

» Si le nombre des valeurs u_i données est égal à k, elles pourront être représentées par l'une quelconque des k fractions dont la somme des degrés des termes est égale à $k - 1$. Si l'on considère alors successivement les cas où l'on se donne une seule valeur u_0, puis deux, u_0, u_1, puis trois, u_0, u_1, u_2, et ainsi de suite, *en ajoutant chaque fois une valeur nouvelle à celles précédemment considérées,* on voit que les systèmes de une, deux, trois, etc. fractions correspondantes constitueront, prises toutes ensemble, une suite à double entrée absolument analogue à celle des réduites d'une fonction.

» 2. *Formules de récurrence analogues à celles des réduites.* — Considérons deux suites infinies de quantités correspondantes

$$(2)\qquad \begin{cases} x_0, & x_1, & x_2, & \ldots, \\ u_0, & u_1, & u_2, & \ldots, \end{cases}$$

et soit, généralement, $\frac{\mathrm{U}_{\mu\nu}}{\mathrm{V}_{\mu\nu}}$ la fraction (1) de Cauchy qui correspond au point (μ, ν), et qui est, par suite, relative aux $\mu + \nu + 1$ premiers termes des suites (2). Le déterminant

$$\Delta = \mathrm{V}_{\mu\nu}\mathrm{U}_{\mu'\nu'} - \mathrm{U}_{\mu\nu}\mathrm{V}_{\mu'\nu'}$$

est évidemment divisible par le produit $(x - x_0)(x - x_1) \ldots (x - x_m)$, où je désigne par m le plus petit des deux nombres $\mu + \nu$, $\mu' + \nu'$, et il n'est pas divisible par $x - x_{m+1}$. On en conclut que :

» *Dans chacun des trois cas où le point (μ', ν') est l'un des points*

$$(3)\qquad (\mu + 1, \nu), \quad (\mu, \nu + 1), \quad (\mu + 1, \nu + 1),$$

Δ *se réduit à un produit de la forme*

$$h(x-x_0)(x-x_1)(x-x_2)\ldots(x-x_{\mu+\nu}),$$

où h est une constante différente de zéro.

» Désignons maintenant par (μ'', ν'') l'un quelconque des trois points $(\mu'+1, \nu')$, $(\mu', \nu'+1)$, $(\mu'+1, \nu'+1)$; on peut énoncer ce théorème :

» *Les termes des fractions* $\frac{U_{\mu\nu}}{V_{\mu\nu}}$, $\frac{U_{\mu'\nu'}}{V_{\mu'\nu'}}$, $\frac{U_{\mu''\nu''}}{V_{\mu''\nu''}}$ *satisfont aux relations*

$$(4)\qquad \begin{cases} \alpha V_{\mu\nu} + a V_{\mu'\nu'} = V_{\mu''\nu''}, \\ \alpha U_{\mu\nu} + a U_{\mu'\nu'} = U_{\mu''\nu''}, \end{cases}$$

où α est, à un facteur constant près, égal à $x - x_{\mu+\nu+1}$, si (μ', ν') est l'un des deux premiers couples (3), *ou à $(x-x_{\mu+\nu+1})(x-x_{\mu+\nu+2})$, si (μ', ν') est le troisième point $(\mu+1, \nu+1)$; tandis que a est, soit une constante, soit un binome du premier degré.*

» 3. Les formules de récurrence (4) sont tout à fait analogues à celles qui, relatives aux réduites normales d'une fonction, donnent naissance aux fractions continues holoïdes de cette fonction; elles conduisent donc aussi à des fractions continues, analogues aux fractions continues holoïdes, ayant les quantités α pour numérateurs partiels et les quantités a pour dénominateurs partiels. Chacune de ces fractions continues, qui sont en nombre illimité, donnera, par ses réduites, une succession déterminée de fractions de Cauchy appartenant à la suite à double entrée de ces fractions, *les réduites successives correspondant à un nombre de plus en plus grand de termes, pris en même nombre, dans les suites* (2).

» Il y aura trois types *réguliers* analogues à ceux obtenus dans la théorie des fractions continues holoïdes régulières d'une fonction, associés chacun à une disposition caractéristique des points du plan qui correspondent aux réduites.

» La complication de la fraction de Cauchy rend actuellement difficile le calcul des coefficients qui entrent dans les éléments si simples α et a des formules de récurrence dont je viens d'établir l'existence. Seule la fraction continue qui généralise celle d'Euler s'obtient aisément en prenant sous la forme de Newton le polynome d'interpolation auquel se réduit, dans ce cas, la fraction de Cauchy. Si l'on désigne généralement par $f(x)$ une fonction qui, pour $x = x_0, x_1, x_2, \ldots$, devienne égale à $u_0, u_1, u_2, \ldots$, et par $f(x_0x_1)$, $f(x_0x_1x_2)$, ... les fonctions interpolaires des différents ordres, on trouve que :

» *Les polynomes successifs d'interpolation d'une fonction $f(x)$, qui correspondent aux valeurs x_0, x_1, x_2, ... de x, sont les réduites successives de la fraction continue*

$$\cfrac{f(x_0)}{1-\cfrac{\frac{f(x_0x_1)}{f(x_0)}(x-x_0)}{1+\frac{f(x_0x_1)}{f(x_0)}(x-x_0)-\cfrac{\frac{f(x_0x_1x_2)}{f(x_0x_1)}(x-x_1)}{1+\frac{f(x_0x_1x_2)}{f(x_1x_0)}(x-x_1)-\cfrac{\frac{f(x_0x_1x_2x_3)}{f(x_0x_1x_2)}(x-x_2)}{1+\frac{f(x_0x_1x_2x_3)}{f(x_0x_1x_2)}(x-x_2)-\dots}}}}$$

» En supposant que toutes les quantités x_0, x_1, x_2, ... tendent vers zéro, on retrouve la fraction continue d'Euler

$$\cfrac{f(0)}{1-\cfrac{\frac{f'(0)}{1.f(0)}x}{1+\frac{f'(0)}{1.f(0)}x-\cfrac{\frac{f''(0)}{2.f'(0)}x}{1+\frac{f''(0)}{2.f'(0)}x-\cfrac{\frac{f'''(0)}{3.f''(0)}x}{1+\frac{f'''(0)}{3.f''(0)}x-\dots}}}}$$

appliquée à la série de Maclaurin pour la fonction $f(x)$.

» Par le même passage à la limite, se déduit d'ailleurs de ce qui précède toute la théorie des fractions continues holoïdes pour une fonction à réduites normales. »

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination de points de repère dans le spectre.* Note de M. **Maurice Hamy**, présentée par M. Lœwy.

« La lecture de la Note de MM. Perot et Fabry, parue dans le dernier numéro des *Comptes rendus* (page 654, note), est de nature à faire supposer que la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium, émise par mes tubes à vide, différerait de celle de la raie rouge du même métal, fournie par les tubes à électrodes intérieures de M. Michelson. Or, il n'en est rien. J'ai fait des expériences absolument démonstratives à ce sujet, dans le cours de mes recherches, et M. P. Chappuis a bien voulu entreprendre des

comparaisons, au Bureau international des Poids et Mesures, qui ne laissent, non plus, aucun doute sur l'invariabilité de cette constante. Les nombres que j'ai publiés récemment, dans les *Comptes rendus* (¹), sont donc rapportés, eux aussi, à la « définition officielle du mètre ».

» Au surplus, mes résultats, concernant la raie λ 508 du cadmium, ne peuvent contredire, en quoi que ce soit, celui qui a été obtenu par M. Michelson.

» M. Michelson a employé, dans ses recherches, des tubes à électrodes intérieures, émettant un doublet λ 508, composé d'une raie brillante et d'une raie faible. La longueur d'onde qu'il a obtenue, pour cette radiation, est très sensiblement celle de la raie brillante.

» La radiation λ 508, émise par mes tubes, sans électrodes internes, est triple. Dans les conditions de mes expériences, cette radiation se compose d'une raie simple et d'un doublet égaux en intensité. Mes mesures se rapportent à la raie simple, la moins réfrangible des trois raies composant le groupe. Il n'y a rien de surprenant, étant donnée la différence de constitution de la radiation en question, fournie par le générateur de M. Michelson et par le mien, que nos résultats ne concordent pas. Cela prouve que les raies simples observées par M. Michelson et par moi, dans le voisinage de λ 508, ne sont pas les mêmes; voilà tout.

» De fait, c'est la différence de constitution de la radiation λ 508, fournie par les deux genres de tubes, qui serait à expliquer, et ce n'est d'ailleurs pas le seul point à éclaircir. M. P. Chappuis, qui a préparé tous les tubes employés, au Bureau international des Poids et Mesures, dans les déterminations de la mesure du mètre en longueurs d'ondes lumineuses, a cherché depuis, à diverses reprises, à obtenir des tubes émettant une radiation verte identique à celle que M. Michelson a utilisée dans ses recherches. Il n'y est parvenu que récemment et sans avoir pu nettement reconnaître la cause de ses insuccès (²).

» Je n'ai, quant à moi, jamais constaté aucune variation de ce genre, dans la constitution des raies émises par mes tubes à vide, même après un fonctionnement de plus de cinquante heures. Le vide parfait que l'on peut y réaliser, grâce à l'absence d'électrodes, est très certainement une des raisons de leur constance (³). »

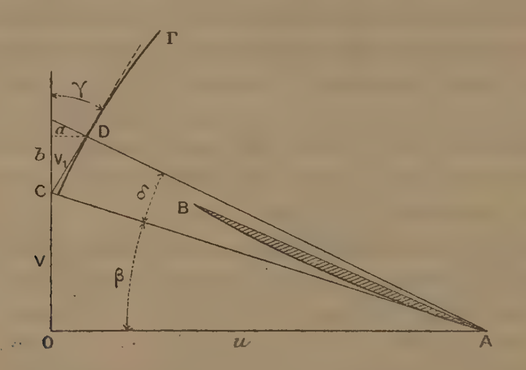
(¹) *Comptes rendus*, 1er semestre 1900, p. 491.
(²) Publié avec l'assentiment de M. P. Chappuis.
(³) L'expérience montre d'ailleurs que l'air enfermé dans ces tubes sous faible pression est absorbé, en quelques minutes, par le verre, sous l'influence de la température et de la décharge.

MÉCANIQUE. — *Théorie des hélices propulsives.* Note de M. **Rateau**, présentée par M. Haton de la Goupillière.

« Voyons rapidement les conséquences principales des hypothèses que j'ai posées dans la Communication précédente [1].

» Pour simplifier, je négligerai, ainsi qu'on le fait toujours en pareille circonstance, le déplacement centripète des filets d'eau à travers l'hélice et l'entraînement de l'eau par la carène.

» Soient OC la direction de l'axe de l'hélice, et CO la vitesse V du bateau; OA, la vitesse $u = \omega r$ de l'élément dS d'hélice au rayon r; AC, la



vitesse relative w_0 de l'eau par rapport à l'élément d'hélice à l'entrée; AB, la coupe cylindrique développée de l'aile.

» Quand la lame d'eau sort de l'hélice, elle prend la direction de la vitesse relative $w_1 = \text{AD}$, telle que $\text{AD} = (1 - \varepsilon)\text{AC}$, et que l'angle DAC est l'angle de déviation δ. Alors, la vitesse de l'eau, d'abord nulle, est devenue, à la sortie de l'élément d'hélice, $\text{CD} = v_1$, faisant l'angle γ avec OC. Ce sont les composantes $b = v_1 \cos\gamma$ et $a = v_1 \sin\gamma$ de cette vitesse absolue qui donnent, la première, l'impulsion élémentaire dF sur le bateau, et, la seconde, le moment résistant $d\mathfrak{M}$ à la rotation, ou encore la puissance élémentaire absorbée $d\mathfrak{T} = \omega\, d\mathfrak{M}$.

» Si dm est la masse d'eau influencée dans une seconde par l'élément dS, on a

$$(1) \qquad dF = b\,dm = v_1 \cos\gamma\,dm, \qquad \text{et} \qquad d\mathfrak{T}_m = ua\,dm = uv_1 \sin\gamma\,dm.$$

---

[1] Voir *Comptes rendus*, p. 486.

» La puissance utile fournie par l'élément d'hélice est $V_0\,dF$; on a donc, pour expression du rendement élémentaire

(2) $$\rho_\beta = \frac{V_0\,dF}{d\mathfrak{G}} = \frac{V_0}{u}\cot\gamma = \operatorname{tang}\beta\cot\gamma.$$

» Pour un même angle β, le rendement est maximum lorsque γ est minimum. Or, le point D, quand δ varie, décrit une courbe Γ, qui, d'après notre hypothèse, est sensiblement un arc de cercle de centre A. Le maximum de ρ_β a lieu quand CD est tangent à cet arc Γ, c'est-à-dire lorsque

(3) $$\cos\delta_m = 1 - \varepsilon, \qquad \text{ou approximativement} \qquad \delta_m = \sqrt{2\varepsilon}.$$

» Cette valeur de δ est indépendante de β. Si ε est constant, l'angle de déviation qui procure le rendement maximum est donc le même tout le long de l'aile, et nous trouvons ainsi la propriété indiquée par M. Drzewiecki pour les angles d'attaque. On voit de plus que l'on peut, sans que le rendement s'abaisse notablement, faire varier l'angle de déviation entre des limites très écartées autour de la valeur $\sqrt{2\varepsilon}$, qui correspond au maximum, puisque le point C est très voisin de la courbe Γ.

» Posons $\gamma = \beta + \theta$, il vient approximativement

$$\operatorname{tang}\theta = \frac{\delta}{2} + \frac{\varepsilon}{\delta},$$

ce qui montre que $\operatorname{tang}\theta$ est minimum et égal à $\sqrt{2\varepsilon}$ pour $\delta = \sqrt{2\varepsilon}$.

» Puis

(4) $$\rho_\beta = \frac{\operatorname{tang}\beta}{\operatorname{tang}(\beta+\theta)} = \frac{\operatorname{tang}\beta(1 - \operatorname{tang}\theta\operatorname{tang}\beta)}{\operatorname{tang}\theta + \operatorname{tang}\beta}.$$

» Cette formule du rendement élémentaire est identique à celle de M. Drzewiecki; mais nous voyons ici la valeur du coefficient $\mu = \operatorname{tang}\theta$ en fonction de δ et de ε.

» Si l'on suppose θ constant, ρ_β est une fonction de l'angle β seulement, qui est maximum et égale à $\left(\frac{1-\sin\theta}{\cos\theta}\right)^2$ pour $\operatorname{tang}\beta = \frac{1-\sin\theta}{\cos\theta}$. L'angle β qui réalise le maximum est donc un peu plus petit que 45° et voisin de 40°. Lorsque β s'écarte de cette valeur, le rendement s'abaisse lentement.

» En remplaçant, ci-dessus, γ par la valeur $\beta + \theta$, on obtient approximativement

(5) $$\begin{cases} a = V_0\cos\theta\sin\delta(1 + \operatorname{tang}\theta\cot\beta), \\ b = u\,\cos\theta\sin\delta(1 - \operatorname{tang}\theta\operatorname{tang}\beta). \end{cases}$$

» Comme θ et δ sont de petits angles, $\cos\theta \sin\delta$ diffère très peu de δ et les parenthèses s'éloignent peu de l'unité. Si δ est constant, a est donc peu variable et b est presque proportionnel à u.

» Calculons la poussée totale donnée par les n ailes de l'hélice, en distinguant la partie centrale, du rayon r_0 au rayon r_x, où tout le cylindre d'eau est attaqué, et la partie extérieure, du rayon r_x au rayon r_1, où il n'y en a qu'une partie, conformément à notre première hypothèse. Désignons par Π le poids spécifique de l'eau.

» Dans la partie centrale, pour l'ensemble des ailes,

$$dm = \frac{\Pi}{g} V_0 \, 2\pi r \, dr,$$

et alors, si δ et θ sont constants,

$$F_c = 2\pi \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0 \omega \int_{r_0}^{r_x} \left(r^2 - \tang\theta \frac{V_0}{\omega} r \right) dr. \tag{6}$$

» Dans la partie extérieure, si kl représente l'épaisseur des lames influencées,

$$dm = n \frac{V_0}{\sin\beta} \frac{\Pi}{g} kl \, dr;$$

et, si θ et δ sont constants,

$$F_e = nk \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0^2 \int_{r_x}^{r_1} \frac{\cos\beta - \tang\theta \sin\beta}{\overline{\sin\beta}^2} l \, dr. \tag{7}$$

» De même, on a les formules qui donnent les puissances absorbées par les deux parties de l'hélice :

$$\mathfrak{E}_c = 2\pi \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0^2 \omega \int_{r_0}^{r_x} \left(1 + \tang\theta \frac{\omega}{V_0} r \right) r^2 \, dr, \tag{8}$$

$$\mathfrak{E}_e = nk \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta \, V_0^3 \int_{r_x}^{r_1} \frac{\cos\beta + \tang\theta \cot\beta \cos\beta}{\overline{\sin\beta}^2} l \, dr. \tag{9}$$

» Les formules (7) et (9) ne diffèrent pas de celles qu'a données M. Drzewiecki en groupant les termes $k \frac{\Pi}{g} \cos\theta \sin\delta$ en un seul coefficient λ dont on voit ici la valeur.

» Je ne développerai pas ici davantage les conséquences pratiques de ma théorie. Je ferai seulement remarquer combien le coefficient de ralentissement ε de la vitesse relative fait tomber rapidement le rendement maximum, puisqu'il suffit que, par exemple, ε atteigne 1 pour 100, pour que le rende-

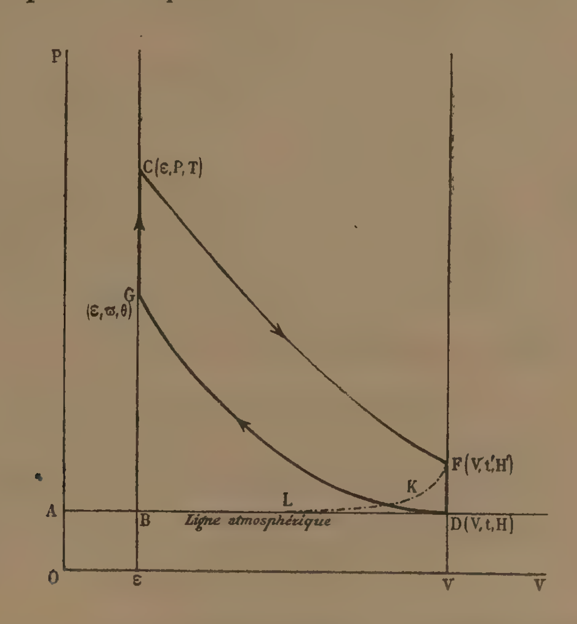
ment s'abaisse à 0,75. On s'explique ainsi l'intérêt considérable qui s'attache à rendre les surfaces des ailes aussi lisses que possible. »

THERMODYNAMIQUE. — *Sur les moteurs à gaz à explosion.* Note de M. L. **Marchis**, présentée par M. J. Violle.

« La théorie actuellement adoptée pour les moteurs à gaz à explosion contient, au point de vue thermodynamique, un certain nombre d'erreurs assez graves. Montrons en quoi consistent ces erreurs et comment on peut donner une théorie logique de ces moteurs.

» Nous ne nous occuperons que des moteurs à quatre temps avec compression préalable, du type Otto.

» La figure ci-dessous représente le diagramme théorique tel qu'il résulte de l'analyse des quatre temps du fonctionnement du moteur.



» *Première course.* — Déplacement du piston εB en VD; introduction du mélange explosif. L'aspiration se faisant sous une pression voisine de la pression atmosphérique, le travail utile produit sur le piston est nul.

» *Deuxième course.* — Compression adiabatique du mélange explosif de D en G.

» *Troisième course.* — Explosion à volume constant; détente adiabatique des produits de l'explosion de C en F.

» *Quatrième course.* — Expulsion des gaz brûlés. La pression décroît rapidement suivant FKLB. Le travail utile produit sur le piston est égal à l'aire négative DFKLD.

» On ne peut appliquer le principe de l'équivalence qu'aux phénomènes produits pendant les deuxième et troisième courses, parce que le système qui se transforme ne garde une masse constante que pendant ce temps.

» L'application du principe de l'équivalence aux transformations DG + GC + CF donne l'équation suivante :

$$-Q_\theta + Mc'(T-\theta) - \text{aire DGCFD} = E(U_F - U_D)$$

dans laquelle Q_θ est la quantité de chaleur dégagée par l'explosion faite à volume constant et à la température θ; M, la masse du mélange explosif introduit; c', la chaleur spécifique à volume constant du mélange des produits de la combustion; $T-\theta$, l'élévation de température produite par l'explosion.

» Supposons que la réaction explosive soit adiabatique; on a alors

$$(1) \qquad -\text{aire DGCFD} = E(U_F - U_D),$$

$$(2) \qquad Q_\theta = Mc'(T-\theta).$$

» Pour calculer $(U_F - U_D)$ prenons le mélange explosif dans son état primitif en D; produisons l'explosion à la température t, puis supposons le mélange des produits de la combustion porté sous le volume V à la température t', il revient au même état final que précédemment. Le principe de l'équivalence appliqué à cette transformation donne l'équation

$$(3) \qquad -Q_t + Mc'(t'-t) = U_F - U_D.$$

» D'où, en combinant les équations (1) et (3)

$$(4) \qquad \frac{1}{E}\,\text{aire DGCFD} = Q_t - Mc'(t'-t).$$

» Le travail utile produit sur le piston pendant les quatre temps du fonctionnement du moteur a pour expression

$$\text{aire DGCFD} - \text{aire BLKFDB}.$$

» Le rendement thermique est donc égal à

$$\rho = \frac{\text{aire DGCFD} - \text{aire BLKFDB}}{EQ_\theta}$$

ou, en tenant compte des relations (2) et (4) et de l'équation

$$(5) \qquad Q_t - Q_\theta = M(c'-c)(\theta - t),$$

qui relie les chaleurs de combustion aux températures t et θ et où c est la

chaleur spécifique à volume constant du mélange explosif,

$$\rho = \frac{c'(T-t') - c(\theta - t)}{c'(T-\theta)} - \frac{\text{aire BLKFDB}}{EQ_\theta}.$$

Or le dernier terme est très petit et l'on peut prendre pour expression du rendement thermique d'un cycle Otto

$$(6) \qquad \rho_1 = \frac{c'(T-t') - c(\theta - t)}{c'(T-\theta)}.$$

En appliquant aux transformations DG, GC, CF les lois des gaz parfaits, on sait exprimer les diverses quantités précédentes en fonction de la compression initiale $\frac{\varpi}{H}$.

» Arrivons maintenant à la critique de la théorie exposée dans tous les traités sur les moteurs à gaz.

» 1° *On fait coïncider* F *et* D.

» Or en écrivant ainsi $H' = H$ dans les équations qui permettent de calculer les coordonnées des sommets du cycle en fonction de $\frac{\varpi}{H}$, on trouve la formule

$$(7) \qquad \frac{\varpi}{H} = \left(\frac{T}{t}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma'-1}},$$

où γ est le rapport des deux chaleurs spécifiques du mélange explosif avant la combustion et γ' le rapport des deux chaleurs spécifiques des produits de la combustion. *Or l'équation* (7) *conduit à des valeurs inadmissibles de la compression initiale.*

» 2° *On écrit à la fois* $H' = H$, $\gamma' = \gamma$ (¹).

» Ces hypothèses conduisent à ce résultat : *L'explosion ne produit aucune augmentation de pression.*

» A la condition de ne pas écrire $H' = H$, on peut faire l'approximation $\gamma' = \gamma$. Cette approximation conduit, pour le rendement thermique, à l'expression

$$\rho_2 = 1 - \frac{t'-t}{T-\theta}.$$

» Les auteurs écrivent

$$\rho'_2 = 1 - \gamma \frac{t'-t}{T-\theta}.$$

(¹) M. Brillouin avait déjà signalé l'impossibilité d'une telle hypothèse. (Voir *Revue générale des Sciences*, p. 478; 30 juin 1898.)

» Cette dernière formule est fausse ; on s'appuie, en effet, pour la démontrer, sur les hypothèses inexactes suivantes :

» *Première hypothèse*

$$H' = H, \qquad \gamma' = \gamma.$$

» *Deuxième hypothèse.* — Assimilation d'un moteur à gaz à explosion à un moteur à air chaud ayant un foyer intérieur ; or, il n'y a aucune relation de nature entre deux telles machines.

» *Troisième hypothèse.* — Les points F et D coïncidant, l'ensemble des transformations DG + GC + CD, constitue un *cycle fermé* pendant lequel le mélange gazeux introduit (assimilé à une masse d'air qui se transforme sans réaction) emprunte à un foyer une quantité de chaleur

$$Q = Mc(T - \theta)$$

et cède à un réfrigérant une quantité de chaleur

$$q = MC'(t' - t),$$

C étant la chaleur spécifique sous pression constante des gaz qui évoluent dans le moteur. Le rendement thermique a dès lors pour valeur $\frac{Q-q}{Q}$, d'où l'on déduit l'expression considérée. Or, le cycle en question *n'est pas fermé et, d'autre part, le foyer et le réfrigérant considérés sont des fictions purement arbitraires.* »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'étude expérimentale de l'excitateur de Hertz* (¹). Note de M. **R. Swyngedauw**, présentée par M. H. Poincaré.

« Les intéressantes expériences de M. Brunhes sur la vitesse des rayons X (²) m'ont suggéré l'idée d'aborder cette mesure par une autre méthode, basée sur les expériences de M. Blondlot sur la propagation des ondes électriques.

» Les difficultés que j'ai rencontrées dans cette voie m'ont amené à faire au préalable l'étude du mouvement électrique dans l'excitateur de Hertz.

» D'après MM. Poincaré et Bjerkness, l'excitateur émet une vibration

(¹) Institut de Physique de l'Université de Lille.

(²) *Comptes rendus,* janvier 1900.

pendulaire amortie, par laquelle les intervalles des zéros consécutifs de l'intensité sont égaux.

» D'après des considérations exposées dans une Note antérieure ([1]) j'ai été conduit à admettre que l'excitateur émet successivement une série d'oscillations complexes pour lesquelles les *intervalles de deux zéros consécutifs seraient inégaux*.

» La plupart des expériences fondées sur la résonance semblent confirmer la première hypothèse; cependant, MM. Drude et Lamotte ont décelé des vibrations de période multiple l'une de l'autre; ce qui semble plutôt en faveur de la seconde.

» Sans mettre en doute le principe même de la théorie de la résonance de MM. Poincaré et Bjerkness, et malgré les intéressantes expériences de M. Décombe, sur lesquelles je reviendrai d'ailleurs, je crois que la question n'est pas tranchée.

» Pour résoudre le problème aussi directement que possible, je ne pouvais songer à l'emploi du miroir tournant poussé à la dernière perfection par M. Décombe.

» J'ai déterminé l'abaissement du potentiel explosif que provoque l'étincelle hertzienne I sur un autre excitateur E chargé à un potentiel toujours le même, à des instants variables de la durée de la décharge de l'excitateur de Hertz; ces instants étant repérés à l'aide de la propagation du potentiel le long d'un fil, étudiée par M. Blondlot.

» Voici la disposition d'une expérience.

» Un excitateur de Hertz à plaques carrées P, P', de 40^{cm} de côté, dont les centres sont à $1^{m},10$ de distance, est chargé par une machine de Holtz. En face des plaques P, P' du primaire on place les plaques S, S' de 12^{cm} de diamètre du secondaire à une distance de 2^{cm} à 3^{cm}. La plaque S est réunie à S' par un fil de cuivre de 160^{m} de long environ et $0^{mm}8$ de diamètre, médiocrement isolé.

» En partant de S le fil forme d'abord un réseau r de trente-neuf brins de fil parallèles en série de 92^{cm} de long, à une distance de 2^{cm} l'un de l'autre; l'extrémité de ce réseau r est unie à une extrémité d'un réseau R de dix-huit fils de 7^{m} de long, dont l'autre extrémité est fixée à S'.

» Les plaques en regard P' et S' sont réunies en outre par une corde mouillée, de sorte que, pendant la charge de l'excitateur, la plaque P est au potentiel du sol.

» Si le primaire se décharge, la charge mise en liberté sur la plaque secondaire S se propage d'abord le long du réseau r, puis à travers R avant d'arriver sur S'.

» Pour charger l'excitateur passif E à un potentiel toujours le même, à des instants

([1]) *Comptes rendus*, 15 mars 1897.

variables du temps, on emploie la méthode des deux excitateurs dérivés que j'ai décrite ailleurs ([1]).

» Un pôle de l'excitateur E et un pôle d'un excitateur identique N sont réunis au même point du fil du réseau *r*, par un fil de 50^{cm} environ; les autres pôles de E et N sont maintenus au potentiel du sol par communication permanente avec le sol (conduite de gaz) et avec l'armature interne d'un condensateur de grande capacité. Les deux excitateurs E et N sont formés de boules de laiton de $1^{cm},5$ de diamètre, fixées sur tige isolante, protégées soigneusement contre les radiations ultra-violettes et polies après chaque étincelle par du papier d'émeri fin (n° 00), conformément aux règles quc j'ai indiquées précédemment ([2]).

» Si l'on maintient N dans des conditions constantes et à l'abri des radiations électro-actives, l'étincelle y éclate toujours au même potentiel inconnu, mais constant, à moins qu'elle n'éclate auparavant en E, chargé à chaque instant au même potentiel que N.

» Si l'on compte les temps à partir du commencement de la décharge de l'excitateur de Hertz, en appelant θ le temps nécessaire pour amener le point S, origine du fil de propagation, au potentiel φ de décharge de N; si V désigne la vitesse de propagation du potentiel, et si l'on peut négliger l'amortissement de l'onde, un point M du réseau *r*, situé à une longueur *l* de S, sera chargé au potentiel φ à l'instant $\theta + \frac{l}{V}$; et, si l'on néglige la longueur de fil qui joint M à E, maintenue constante; si l'excitateur E est à une distance *d* de l'étincelle excitatrice I, si V' représente la vitesse de la lumière, *l'excitateur* E *sera chargé au potentiel* φ *pendant qu'il est éclairé par de la lumière émise par l'étincelle* I *à l'instant* $\theta + \frac{l}{V} - \frac{d}{V'}$.

» Si donc on maintient *d* constant et si l'on fait varier *l*, ou inversement, on pourra observer l'allongement de la distance explosive E sous l'influence de la lumière émise par l'étincelle à des instants variables.

» Je me bornerai à mentionner le résultat d'une de mes expériences, répétée à trois reprises différentes.

» L'excitateur N étant maintenu à une distance *constante* de $0^{mm},20$ environ, la distance E passe par des maxima et des minima nettement accentués quand on fait varier la longueur du fil comprise entre S et M.

» *Les minima qui correspondent aux zéros de l'intensité du courant dans l'excitateur ne sont pas équidistants.* A partir du point origine, les intervalles des zéros consécutifs comprennent 2, 2, 4, 6, 7, 8 brins de fil de $0^{mm},92$ de long.

» La discussion complète et précise exige l'étude préalable de plusieurs

---

([1]) *Comptes rendus,* 8 juillet 1895, et *Thèse,* Paris, mai 1897.
([2]) *Thèse,* p. 22, et *Comptes rendus,* 8 juillet 1895.

faits et notamment la comparaison de la vitesse de l'onde électrique à la vitesse des radiations électro-actives de l'excitateur de Hertz. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la capacité des conducteurs symétriques soumis à des tensions polyphasées*. Note de M. Ch.-Eug. Guye, présentée par M. Lippmann.

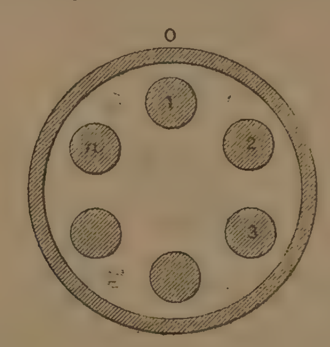
« On appelle généralement *capacité d'un conducteur* (I), la charge que prend ce conducteur quand son potentiel est égal à l'unité et que celui de tous les autres conducteurs en présence est nul.

» La capacité, ainsi définie, a pour expression $\gamma_{1.1} = \frac{m_1}{v_1}$; si les conducteurs sont immobiles, si le milieu qui les sépare possède un pouvoir inducteur spécifique constant, $\gamma_{1.1}$ conserve la même valeur quelle que soit la variation de v en fonction du temps; à la condition, naturellement, que cette variation soit assez lente pour que l'équilibre électrostatique puisse être considéré comme instantanément atteint.

» Mais, au lieu de supposer tous les conducteurs en présence au potentiel zéro, on peut spécifier pour un ou plusieurs d'entre eux un état déterminé; par exemple : un potentiel variable avec le temps suivant une certaine loi.

» Dans ce cas, le rapport de la charge au potentiel du conducteur (I), soit $\gamma'_1 = \frac{m_1}{v_1}$, n'a plus nécessairement une valeur constante. Tel est le cas, en général, de conducteurs soumis à des tensions polyphasées.

» Toutefois, pour une catégorie de conducteurs que l'on pourrait appeler



peler *conducteurs polyphasés symétriques* (voir la figure), la valeur de γ'_1 demeure constante.

» Considérons, en effet, un système de n conducteurs parallèles, représentés en section (figure). Ces conducteurs sont disposés symétriquement et entourés complètement par une armure (O).

» Les équations de l'équilibre électrostatique sont

$$m_0 = \gamma_{0,0} v_0 + \gamma_{0,1} v_1 + \ldots + \gamma_{0,n} v_n,$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$m_n = \gamma_{n,n} v_n + \gamma_{n,0} v_0 + \ldots + \gamma_{n,n-1} v_{n-1},$$

avec les conditions

$$v_0 = 0,$$

si l'armure est à la terre, et

$$v_1 + v_2 + \ldots + v_n = 0,$$

si les tensions sont polyphasées.

» Mais la symétrie de la figure simplifie considérablement les équations générales.

» En premier lieu l'égalité

$$\gamma_{0,1} = \gamma_{0,2} = \ldots = \gamma_{0,n}$$

donne immédiatement $m_0 = 0$.

» *La somme des charges qui recouvrent intérieurement l'armure est donc à chaque instant algébriquement nulle.*

» En second lieu, la charge qui recouvre l'un des conducteurs intérieurs a pour expression

$$m_1 = \gamma_{1.1} v_1 + \gamma_{1.2}(v_2 + v_n) + \gamma_{1.3}(v_3 + v_{n-1}) + \ldots \qquad (n \text{ impair}),$$
$$m_1 = \gamma_{1.1} v_1 + \gamma_{1.2}(v_2 + v_n) + \gamma_{1.3}(v_3 + v_{n-1}) + \ldots + \gamma_{\frac{n}{2}+1} v_{\frac{n}{2}+1} \qquad (n \text{ pair}).$$

» D'autre part, les tensions étant polyphasées de la forme

$$v_1 = \mathrm{V} \sin \omega t,$$
$$v_2 = \mathrm{V} \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{n}\right),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$v_n = \mathrm{V} \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{n}\right),$$

il en résulte

$$v_2 + v_n = 2\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)v_1,$$

$$v_3 + v_{n-1} = 2\cos\left(\frac{4\pi}{n}\right)v_1,$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$v_{\frac{n}{2}+1} = -v_1.$$

» On aura, en définitive,

$$m_1 = \left[\gamma_{1.1} + 2\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)\gamma_{1.2} + 2\cos\left(\frac{4\pi}{n}\right)\gamma_{1.3} + \ldots\right]v_1 \qquad (n \text{ impair}),$$

$$m_1 \quad \left[\gamma_{1.1} + 2\cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)\gamma_{1.2} + 2\cos\left(\frac{4\pi}{n}\right)\gamma_{1.3} + \ldots - \gamma_{\frac{n}{2}+1}\right]v_1 \qquad (n \text{ pair}).$$

» Soit, d'une façon générale,

$$\gamma'_1 = \frac{m_1}{v_1} = \text{const.}$$

» *Le rapport de la charge au potentiel du conducteur demeure donc constant, quel que soit l'instant considéré,* et la notion de capacité d'un conducteur de ligne polyphasée prend alors une signification précise, permettant de calculer directement le courant de charge du conducteur.

» La même notion peut s'étendre à un système de n conducteurs symétriques soumis à des tensions polyphasées et placé en présence d'un plan conducteur indéfini au potentiel zéro (sol), à la condition que la distance du système au plan soit suffisante pour que la relation

$$\gamma_{0.1} = \gamma_{0.2} = \cdots \gamma_{0.n}$$

soit pratiquement satisfaite. »

PHYSICO-CHIMIE. — *Sur le volume minimum des fluides.* Note de M. **Daniel Berthelot**, présentée par M. H. Becquerel.

« Lorsqu'on abaisse progressivement la température d'un fluide ou lorsqu'on augmente de plus en plus la pression exercée sur lui, son volume diminue mais paraît tendre vers une limite finie que l'on désigne sous le nom de *covolume*.

» D'après la théorie de Van der Waals, cette limite serait, dans un cas comme dans l'autre, égale au tiers du volume critique.

» Mais l'expérience indique dans les deux cas une valeur notablement plus basse. M. Mathias a fait remarquer que le volume d'un grand nombre de liquides est déjà réduit, un peu avant le point de solidification, au tiers du volume critique v_c. Comme la température de solidification T_f est généralement voisine de la moitié de la température critique T_c, il est clair qu'au zéro absolu le volume minimum serait inférieur à $0,333\, v_c$. On constate d'ailleurs que pour divers corps dont le point de fusion est inférieur à $0,5\, T_c$ (chlorures d'étain et de carbone, sulfure de carbone, etc.) le volume liquide près de la solidification est déjà plus petit que le tiers du volume critique.

» Une conclusion analogue se dégage des observations faites sur les gaz ou les liquides fortement comprimés. La formule de Van der Waals représente assez bien leur compressibilité tant que la pression ne dépasse pas quinze fois la pression critique. Au delà elle indique une compressibilité trop faible [1]. Les expériences d'Amagat nous donnent par exemple, pour la valeur du coefficient angulaire $\frac{\pi' \upsilon' - \pi \upsilon}{\pi' - \pi}$, des isothermes en coordonnées réduites, entre 2500 et 3000 atmosphères, les valeurs 0,290 pour l'air à 45°; 0,283 pour l'air à 0°; 0,280 pour l'éther à 50°; 0,272 pour l'éther à 0°; 0,270 pour le sulfure de carbone à 0°. Toutes ces valeurs sont inférieures à la valeur limite 0,333 indiquée par la théorie.

» Le covolume ou volume minimum d'un fluide est donc inférieur au tiers du volume critique. Comme la connaissance exacte de ce covolume offre un grand intérêt pour les théories moléculaires, divers physiciens ont cherché à le calculer en extrapolant jusqu'à $\pi = \infty$ les formules de compressibilité des liquides ou jusqu'à $T = 0$ les formules de dilatation.

» Ces dernières sont celles qui donnent les résultats les moins incertains. Pourtant les formules usuelles de dilatation des liquides n'offrent qu'une valeur empirique, car elles ne tiennent pas compte de la pression. Il ne serait permis d'agir ainsi que si l'on

---

(1) Plus exactement, comme on le voit sur les courbes que j'ai publiées, elle indique dans tous les cas une compressibilité un peu trop forte de $p = 0$ à $p = 8\, p_c$, et un peu trop faible à partir de là; mais le désaccord ne devient très sensible qu'au delà de $p = 15\, p_c$ ou $20\, p_c$. Pour se rapprocher de l'expérience, il serait nécessaire de prendre un covolume variable avec le volume. On obtient de bons résultats en remplaçant dans l'équation réduite de Van der Waals $(\pi + 3 : \upsilon^2)\left(\upsilon - \frac{1}{3}\right) = \frac{8}{3}\theta$ le facteur $\upsilon - \frac{1}{3}$ par $\upsilon - \cfrac{1}{2,735 + \cfrac{1}{3,775\, \upsilon}}$, qui est égal à $\upsilon - \frac{1}{3}$ quand $\upsilon = 1$, mais qui pour $\pi = \infty$ donne la valeur limite $\upsilon = 0,2685$ au lieu de $\upsilon = 0,333$. Mais si l'on veut que l'équation puisse encore représenter l'ensemble de l'état fluide, cette modification en entraîne nécessairement une autre, et oblige à remplacer le dénominateur du terme $(3 : \upsilon^2)$ par un trinome du deuxième degré : la pression interne prend alors la forme $\alpha : (\upsilon^2 + 2\lambda\upsilon + \mu)$. (Cf. *Comptes rendus,* 8 janvier 1900.)

considérait la densité sous une pression égale à celle de la vapeur saturée (car cette pression même est fonction de la température). Il en résulte que ces formules sont toutes en défaut quand on approche du point critique. La légitimité de leur emploi pour une extrapolation étendue est donc fort douteuse.

» Il n'existe dans cet ordre d'idées qu'une formule satisfaisante théoriquement. C'est celle du diamètre rectiligne de MM. Cailletet et Mathias, d'après laquelle, si l'on porte en ordonnées les deux sortes de densités d'un corps (liquide et vapeur saturée) et en abscisses les températures, le lieu des milieux des ordonnées est une droite qui passe par le point critique.

» Cette formule a tous les caractères d'une loi physique rigoureuse. Elle s'applique dans toute l'étendue de l'état liquide, depuis le voisinage de la solidification jusqu'à la densité critique dont elle fournit le seul mode de détermination exact.

» Elle a été de mieux en mieux vérifiée à mesure que les expériences ont été faites avec plus de précision et sur un plus grand nombre de corps (voir notamment les beaux travaux de M. S. Young).

» Il semble donc permis de l'employer pour calculer par extrapolation le volume d'un liquide au zéro absolu. Soit v_m ce volume minimum, v_c le volume critique; posons $\upsilon_m = v_m : v_c$; au zéro absolu (et même bien avant), la densité de la vapeur saturée est négligeable auprès de celle du liquide, et la formule de MM. Cailletet et Mathias donne $\upsilon_m = 1 : 2(1 + a)$, a étant une constante spéciale à chaque corps et qui peut se déduire des expériences faites sur la dilatation des liquides ([1]).

» Voici pour divers corps les valeurs de la constante a, celles du volume minimum réduit υ_m, les densités critiques d_c telles qu'on les déduit des densités des liquides et des vapeurs saturées, par la formule du diamètre, les densités minima d_m des fluides (rapportées à l'eau à 4°), les volumes minima v_o (en centimètres cubes) occupés par une molécule-gramme de chaque fluide au zéro absolu :

	Az^2.	O^2.	Cl^2.	Br^2.	CO^2.	SO^2.	C^2H^4.	CCl^4.	$SnCl^4$.	Éther.
a....	0,681	0,804	0,767	0,896	0,858	1,053	1,060	0,918	0,994	0,960
υ_m...	0,2974	0,2780	0,2827	0,2635	0,2690	0,2434	0,2426	0,2606	0,2506	0,2550
d_c...	0,333	0,429	0,587	1,084	0,464	0,520	0,212	0,556	0,741	0,2631
d_m...	1,120	1,543	2,076	4,112	1,724	2,136	0,816	2,132	2,957	1,032
v_o...	25,0	20,8	34,1	38,9	25,5	30,0	34,3	72,2	87,8	71,7

	C^6H^6.	C^6H^5Fl.	C^6H^5Cl.	C^6H^5Br.	C^6H^5I.	Pentane.	Isopentane.	Hexane.	Heptane.
a.....	0,936	0,916	0,956	0,964	0,957	0,926	0,892	0,966	1,013
υ_m....	0,2581	0,2608	0,2555	0,2545	0,2560	0,2596	0,2643	0,2543	0,2484
d_c....	0,3038	0,3543	0,3665	0,4860	0,5843	0,2324	0,2344	0,2343	0,2344
d_m....	1,176	1,358	1,434	1,910	2,282	0,896	0,887	0,921	0,944
v_o....	66,3	70,6	78,5	82,2	89,2	80,5	81,3	93,5	106,1

([1]) Voir pour la discussion de ces expériences, dues à MM. Cailletet et Mathias, Amagat, Wroblewski, Knietsch, et surtout S. Young, les articles de M. Mathias (*Journal de Physique*, t. I, p. 53, 1892; t. II, p. 5 et 224, 1893; t. VIII, p. 407, 1899).

» Ces nombres donnent lieu à diverses remarques d'ordre chimique sur lesquelles je n'insisterai pas, notamment sur la comparaison des volumes atomiques et des volumes moléculaires; mais, comme je le montrerai dans une prochaine Communication, le principal intérêt qu'ils présentent est le suivant :

» Les écarts constatés jusqu'ici dans la loi des états correspondants disparaissent si l'on compte les volumes des fluides non pas à partir de zéro, mais à partir des covolumes tels qu'ils viennent d'être calculés, et si l'on adopte de même pour chaque corps un zéro spécial de la température. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'eau oxygénée sur la baryte.* Note de M. DE FORCRAND.

« On sait que l'eau oxygénée, en dissolution étendue, ajoutée à de la baryte dissoute, donne presque immédiatement un précipité formé d'écailles nacrées que l'on regarde généralement comme du bioxyde de baryum hydraté. J'ai repris l'étude méthodique de cette réaction, en faisant varier les proportions d'eau oxygénée.

» Bien que le précipité soit très peu soluble, on peut, en augmentant la dilution, maintenir tous les corps dissous; cette Note résume les expériences faites dans ces conditions.

» 1° *Action de* $\frac{1}{2}H^2O^2$ ($65^{lit} = \frac{1}{2}H^2O^2$) *sur* BaO ($12^{lit}$). — Dans ce cas, et malgré la grande dilution, un précipité se forme dès la troisième minute après le mélange. En partant des indications du thermomètre pendant les deux premières minutes, alors que la liqueur est parfaitement limpide, on trouve, toutes corrections faites, $+3^{Cal},121$ pour BaO, pour la réaction sans formation de précipité.

» 2° *Action de* H^2O^2 ($97^{lit} = H^2O^2$) *sur* BaO (12^{lit}). — J'ai obtenu $+4^{Cal},350$ pour BaO. Et, en ajoutant immédiatement 2 molécules de HCl dissous, $+23^{Cal},474$. La somme est $+27^{Cal},824$ (au lieu de $+27,700$, chaleur de neutralisation de HCl par BaO).

» 3° *Action de* $2H^2O^2$ ($100^{lit} = 2H^2O^2$) *sur* BaO (12^{lit}) : $+7^{Cal},801$; H^2Cl^2 donne ensuite $+19,958$; total $+27,759$.

» 4° *Action de* $3H^2O^2$ ($77^{lit} = 3H^2O^2$) *sur* BaO (12^{lit}) : $+8^{Cal},552$; H^2Cl^2 donne $+18,984$; total $+27,536$.

» 5° *Action de* $10H^2O^2$ ($91^{lit} = 10H^2O^2$) *sur* BaO (12^{lit}) : $+12^{Cal},261$; H^2Cl^2 donne $+15,345$; total $+27,606$.

» 6° *Action de* $30H^2O^2$ ($273^{lit} = 30H^2O^2$) *sur* BaO (12^{lit}) : $+13^{Cal},586$.

» Toutes ces expériences ont été faites entre $+10°$ et $+14°$.

» Si l'on construit la courbe des quantités de chaleur dégagées $+3,121$,

$+4,350$, $+7,801$, $+8,552$, $+12,261$, $+13,586$ pour les quantités croissantes d'eau oxygénée $\frac{1}{2}$, 1, 2, 3, 10 et 30 molécules, on trouve qu'elle se compose de trois portions sensiblement droites, formant deux angles très nets, l'un au point $2H^2O^2$, l'autre au voisinage de 10 à $12H^2O^2$.

» Il semble donc qu'il peut se former dans ces dissolutions deux combinaisons successives, l'une très riche en eau oxygénée, et qui n'a pas été isolée, l'autre qui correspondrait à $BaO, 2H^2O^2$. Celle-ci est sans doute le composé défini BaO^2, H^2O^2 ou BaO^3, H^2O qui a été étudié il y a vingt ans par MM. Schœne et Berthelot.

» On peut considérer ce corps comme un mono-déhydroxylate

$$\frac{Ba}{2}O-OH,$$

ou plutôt

$$Ba\begin{cases}O-OH\\O-OH\end{cases}.$$

» Sous cette dernière forme, sa constitution paraît analogue à celle de l'acide sulfurique. Comme lui, il doit être diacide, mais d'acidité naturellement très faible.

» Lorsqu'on ajoute BaO dissous à la dissolution de ce composé, on sature précisément les deux OH et l'on revient au système

$$Ba\begin{cases}O-O\\O-O\end{cases}Ba.$$

ou plus simplement $2BaO^2$ ou $2BaO+2H^2O^2$, indiqué plus haut. Cette action dégage, d'après ce qui précède, $2\times4,35-7,801$, soit $+0^{Cal},899$. La moyenne est de $+0^{Cal},45$ pour chacun des deux OH du composé BaO^4H^2. C'est une valeur acide très faible, plus grande cependant que celle de l'eau et des alcools monoatomiques, voisine de celles du glycol ou de la glycérine. Il nous apparaît donc, du moins à l'état dissous, avec les allures d'un glycol.

» Les nombres précédents $+4,35$ et $+7,801$ peuvent aussi être mis sous la forme suivante :

H^2O^2 dissous $+\frac{BaO}{2}$ dissous $=\frac{Ba}{2}O-OH$ dissous .... $+3^{Cal},900$

$\frac{Ba}{2}O-OH$ dissous $+\frac{BaO}{2}$ dissous $=\frac{Ba}{2}O-O\frac{Ba}{2}$ dissous ... $+0^{Cal},450$

Soit, comme moyenne, $\frac{4,35}{2}$ .... $+2^{Cal},175$

On a déjà ainsi une idée de la valeur acide des fonctions du diacide H^2O^2.

» Aucun alcool ne donne des nombres aussi élevés; en sens inverse, les phénols sont tous plus acides. Or, l'eau oxygénée est formée uniquement de deux hydroxyles ou oxhydryles OH. On peut donc prévoir dès à présent que la valeur thermique vraie

$$\text{OH sol.} + \text{Na sol.} = \text{H gaz} + \text{NaO sol.}$$

serait comprise entre celle de l'eau ou des alcools monoatomiques ($+31^{Cal}$ environ) et celle des phénols ($+38^{Cal}$ environ), c'est-à-dire voisine de $34^{Cal},5$.

» C'est ce que je me propose de vérifier en étendant ces recherches à d'autres métaux, le sodium notamment, et en rapportant les nombres à l'état anhydre, ce qui est possible aujourd'hui même pour l'eau oxygénée.

» J'étudierai prochainement les phénomènes compliqués et assez singuliers qui se produisent lorsque, au lieu de maintenir les corps dissous, on provoque la formation d'un précipité dans l'action de l'eau oxygénée sur la baryte. »

PHYSIQUE. — *Réponse à M.* D. Tommasi, *à propos de sa remarque recemment insérée aux « Comptes rendus »*; par M. **Th. Tommasina.** (Extrait.)

« Je ne puis comprendre la revendication que M. D. Tommasi vient de faire à l'Académie dans la séance du 26 février, à propos de ma Note du 5. En effet, dans sa Note *Sur l'électrolyse de l'eau distillée,* il ne parle pas de cristallisation métallique, et les mots *recouverte de cristaux* et *un très beau dépôt de cuivre cristallisé* n'y figurent pas. Du reste, cette question n'est pas traitée dans son Mémoire, dont le but était tout autre. »

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la formation électrolytique du chlorate de potassium* [1]. Note de M. **André Brochet**, présentée par M. Moissan.

« Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. CXXX, p. 134), j'ai indiqué quelques résultats auxquels j'étais arrivé en électrolysant une solution de chlorure de potassium en présence de chromate. Je voudrais

---

[1] École de Physique et de Chimie industrielles, laboratoire d'Électrochimie.

aujourd'hui les compléter par quelques remarques faites sur la formation du chlorate de potassium, au cours d'une première série de recherches poursuivies dans les conditions indiquées précédemment, en variant simplement la composition de l'électrolyte.

» L'alcalinité a une action très nette; avec une solution contenant seulement 1 pour 100 de potasse, on ne peut dépasser 1° chlorométrique; au contraire, avec une solution neutre contenant un peu de bichromate (et de ce fait légèrement acidifiée), on peut arriver à 7°,3 chlorométriques.

» D'une façon générale, les courbes de rendement, dans le cas d'une solution neutre (légèrement acide ou alcaline) ont une allure analogue (voir *Comptes rendus*, p. 136).

» L'action d'un alcali empêchant d'arriver à un degré chlorométrique élevé, il en résultera dans ce cas que la courbe correspondant à l'hypochlorite tend à disparaître au fur et à mesure que l'on augmente la proportion d'alcali, en même temps que la courbe du chlorate se rapproche de plus en plus de celle du chlore total et finit par se confondre avec elle.

» Si d'autre part on considère les courbes obtenues d'après les résultats de l'analyse des gaz, on remarque que la courbe correspondant à la quantité de courant absorbée par la décomposition de l'eau devient d'autant plus rapidement horizontale que l'alcalinité augmente, son point de départ s'éloignant de plus en plus du zéro.

» De sorte que, lorsque l'alcalinité dépasse un peu plus de 1 pour 100, la courbe de l'hypochlorite n'existe plus, celle du chlorate se confond avec celle du chlore total et les courbes correspondant à l'oxydation totale et à l'électrolyse de l'eau sont des droites horizontales, dês le début de l'expérience.

» Il est admis, d'après OEttel, que le chlorate peut se former soit par action primaire, soit par action secondaire. Je suis partisan, dans son ensemble, de la théorie d'OEttel et assez peu porté à admettre les autres théories d'après lesquelles la formation de l'hypochlorite ou de chlorate dépendrait de la différence de potentiel aux bornes ou autres considérations analogues.

» D'après mes recherches, je puis compléter la théorie d'OEttel et les remarques de Fœrster sur l'électrolyse des chlorures alcalins par les conclusions suivantes :

» *a. Solution froide de chlorure de potassium sensiblement neutre* (légèrement acide ou alcaline). — 1° Le chlorate se forme toujours par réaction

secondaire, le résultat de l'électrolyse étant *uniquement* de l'hypochlorite.

» 2° Cet hypochlorite se forme en utilisant *la quantité totale d'électricité* fournie à l'appareil.

» 3° L'hypochlorite est réduit en grande partie au fur et à mesure de sa formation, l'addition de chromate, comme l'a indiqué Müller, évite *dans certains cas* cette réduction.

» 4° Dès que l'hypochlorite atteint une certaine concentration, ce qui se produit d'autant plus vite lorsqu'il y a du chromate, il se transforme proportionnellement en chlorate. Pour une certaine teneur indiquée par le *degré chlorométrique limite* de la solution, à toute quantité d'hypochlorite obtenue correspond une quantité équivalente transformée en chlorate.

» 5° Cette oxydation de l'hypochlorite pour donner du chlorate se fait toujours *avec un dégagement d'oxygène*.

» 6° L'idée qu'une certaine quantité d'électricité est employée à l'électrolyse de l'eau n'est pas exacte, toute celle qui est fournie à l'appareil donne de l'hypochlorite et, de même que Müller, en solution neutre, par addition de bichromate empêche la réduction de l'hypochlorite, de même, si par un artifice quelconque on pouvait provoquer la transformation de l'hypochlorite en chlorate sans perdre d'oxygène, on arriverait à faire des chlorates en utilisant la quantité totale d'électricité fournie à l'électrolyseur.

» Comment se fait cette transformation de l'hypochlorite en chlorate avec dégagement d'oxygène?

» C'est un point que je n'ai pas encore complètement éclairci. Fœrster et Jorre ont démontré que, sous l'influence d'un excès d'acide hypochloreux, l'hypochlorite donne du chlorate, mais cette action se fait assez lentement. Peut-être est-elle due à l'électrolyse de l'hypochlorite ou de l'acide hypochloreux. Peut-être est-ce une auto-oxydation spontanée. Je suis assez porté à croire que le phénomène est assez complexe et que plusieurs réactions se produisent simultanément.

» Je crois devoir en outre faire observer le fait suivant : lorsque l'on électrolyse une solution neutre de chlorure de potassium additionnée de bichromate, le liquide, orangé au début, passe au jaune. On pourrait croire qu'il est devenu alcalin. Il n'en est rien. En effet, si l'on abandonne la solution à elle-même, on constate que du jour au lendemain le degré chlorométrique baisse énormément, et à la fin le liquide reprend peu à peu sa teinte primitive.

» Au début, l'acide chromique du bichromate donne du chromate

neutre en mettant de l'acide hypochloreux en liberté. C'est cet acide hypochloreux qui, une fois l'électrolyse terminée, provoqne la transformation de l'hypochlorite en chlorate, ou plutôt, à mon avis, il s'oxyde lui-même en donnant de l'acide chlorique, lequel met en liberté une nouvelle quantité d'acide hypochloreux, et ainsi de suite tant qu'il y a de l'hypochlorite; finalement, lorsqu'il n'y en a plus, l'acide chlorique déplace alors l'acide chromique et le liquide reprend alors sa teinte orangée primitive. Au cours de cet essai, on peut constater le dégagement de bulles d'oxygène qui font flotter les cristaux de chlorate se déposant dans la solution.

» *b. Solution chaude de chlorure de potassium sensiblement neutre* (légèrement acide ou alcaline). — Dans ces conditions, le processus est identique, avec cette différence que la transformation de l'hypochlorite en chlorate se faisant plus facilement, on ne peut arriver à un degré chlorométrique aussi élevé; mais, également, on ne peut supprimer complètement l'hypochlorite; il en reste toujours dans la solution.

» *c. Solution alcaline de chlorure de potassium.* — Comme dans le cas précédent la transformation se fait plus facilement. D'autre part, d'après Œttel, il y a formation directe de chlorate de potassium; d'après Fœrster, le chlorate, dans ces conditions, est uniquement dû à une action primaire. Je ne puis ni infirmer, ni confirmer cette hypothèse; je suis cependant assez porté à croire que cette formation primaire n'a pas lieu et que le produit obtenu dans tous les cas est uniquement l'hypochlorite, même lorsqu'il ne peut être décelé dans la solution; la raison est qu'il donnerait instantanément du chlorate. Je discuterai prochainement cette question.

» Dans le cas d'une solution alcaline, l'idée d'électrolyse de l'eau revient naturellement, mais tout l'oxygène que l'on recueille n'en provient pas, une partie résultant de la destruction de l'hypochlorite. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Solubilité de la benzophénone.* Note de M. E. Derrien [1].

« J'ai étudié la solubilité de la benzophénone dans différents milieux. Les travaux de Zincke et les travaux plus récents de M. OEchsner de Co-

---

(1) Travail fait au laboratoire de M. Œchsner de Coninck, à l'Institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Montpellier.

ninck ayant établi que la benzophénone se transforme assez facilement en une modification allotropique, j'ai eu soin de déterminer les coefficients de solubilité, à la température ordinaire ou à des températures voisines.

» Voici les résultats obtenus :

» **1.** *Eau distillée.* — Insoluble à 15°,6.

» **2.** *Alcool à 97°.* — 1^{gr} de benzophénone se dissout dans 7^{cc},4 à 17°,6.

» **3.** *Mélanges alcool et eau :*

I.	Alcool à 97°... 85 p. Eau .... 15 p.	1^{gr} de B. dans 26^{cc}:	$t = +17°,3$;
II.	Alcool à 97°... 80 p. Eau .... 20 p.	1^{gr} de B. dans 45^{cc}:	$t = +16°,8$;
III.	Alcool à 97°... 75 p. Eau .... 26 p.	1^{gr} de B. dans 77^{cc},2 :	$t = +17$;

» **6.** *Alcool méthylique ordinaire rectifié.* — A + 15°,2, 1^{gr} de B. se dissout dans 15^{cc},6.

» **7.** *Alcool méthylique pur.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 9^{cc},1 à + 9°,8 et dans 7^{cc} à + 15°.

» **8.** *Acétone du bisulfite.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 4^{cc} à + 16°.

» **9.** *Éther ordinaire rectifié.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 5^{cc},7 à + 12°,7.

» **10.** *Éther acétique pur.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 5^{cc},2 à + 9°,6.

» **11.** *Ligroïne légère.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 14^{cc},8 à + 14°,6.

» **12.** *Sulfure de carbone.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 1^{cc},5 à + 16°,1.

» **13.** *Benzène pur.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 1^{cc},3 à + 17°,2. De cette solution, par évaporation lente dans une éprouvette, la benzophénone cristallise en belles arborescences.

» **14.** *Toluène.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 1^{cc},8 à + 17°,2.

» **15.** *Xylène blanc du commerce.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 2^{cc},6 à 17°,6.

» **16.** *Nitrobenzine rectifiée.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 1^{cc},7 à + 15°,8.

» **17.** *Chloroforme ordinaire.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 1^{cc},8 à + 16°,5.

» **18.** *Bromoforme.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 3^{cc} à + 17°,3.

» **19.** *Acide chlorhydrique blanc ordinaire.* — La B. y est insoluble à + 16°,1.

» **20.** *Acide bromhydrique fumant* ($d = 1,49$). — Insoluble à + 15°,6.

» **21.** *Acide sulfurique à* 66°B. — 1^{gr} de benzophénone se dissout à + 12°,8 dans 8^{cc} de cet acide. Solution jaune foncé se décolorant et précipitant par addition d'eau.

» **22.** *Acide nitrique blanc concentré.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 442^{cc} de cet acide ($t = +17°$), après s'être transformé en une huile jaune surnageant l'acide.

» **23.** *Acide acétique cristallisable.* — 1^{gr} de B. se dissout dans 5^{cc},2 à + 14°,6 et dans 3^{cc},7 à + 17°. Dans l'acide ordinaire, solubilité bien moins grande et ne se faisant que peu à peu.

» **24.** *Ammoniaque aqueuse.* — La benzophénone ne s'y dissout pas à + 14°,8.

» *Essais qualitatifs.* — A la température ordinaire, la benzophénone se

dissout très peu dans l'*acide sélénique* (pas de coloration jaune comme avec SO^4H^2), lentement et faiblement dans l'*acide formique concentré*, pas du tout dans l'*eau d'iode*, beaucoup dans les *chlorures de méthylène et d'éthylène*, assez dans l'*essence de térébenthine* et extrêmement dans le *chlorure de soufre* S^2Cl^2.

» Avec l'*acide iodhydrique* coloré fumant ($d = 1,96$), la benzophénone donne plus ou moins rapidement (suivant que l'on opère avec des cristaux ou de la benzophénone pulvérisée) un liquide épais surnageant, fortement coloré en iode, tandis que l'acide sous-jacent s'est fortement décoloré ($t = +14°$). »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acide diméthylamidobenzoylbenzoïque dichloré* 1.2.3.4 [1]. Note de M. ÉMILE SEVERIN.

« En condensant l'anhydride phtalique avec les dialcoylanilines en présence du chlorure d'aluminium, MM. A. Haller et A. Guyot [2] ont obtenu des acides dialcoylamidobenzoylbenzoïques. Une réaction analogue se passe quand on opère avec l'anhydride tétrachlorophtalique [3], mais les acides dialcoylamidobenzoylbenzoïques tétrachlorés ont, sous certains rapports, une allure différente de celle des acides non chlorés.

» Nos recherches ont porté sur l'acide dichlorophtalique 1.2.3.4 de Royer [4] :

COOH
Cl COOH
Cl

» Cet acide a été transformé en anhydride par simple distillation, entre 129°-140°. L'anhydride nous a servi à préparer les corps suivants :

» *Acide diméthylamidobenzoylbenzoïque dichloré* :

$$C^6H^2Cl^2 \begin{cases} CO\,C^6H^4\,Az \begin{cases} CH^3 \\ CH^3. \end{cases} \\ CO\,OH \end{cases}$$

---

(1) Laboratoire de Chimie organique de M. Haller à la Sorbonne.

(2) A. HALLER et A. GUYOT, *Comptes rendus*, t. CXIX, p. 205.

(3) A. HALLER et UMBGROWE, *Comptes rendus*, p. 8; 1899.

(4) *Liebigs Annalen*, p. 238-350.

» Pour la préparation de cet acide, on applique l'élégante méthode qui a servi à MM. Friedel et Crafts pour la synthèse de l'acide benzylbenzoïque. On fait réagir la diméthylaniline sur l'anhydride dichlorophtalique, en présence du chlorure d'aluminium.

» L'opération se fait dans les conditions qui ont été recommandées par MM. Haller et Guyot pour les acides dialcoylamidobenzoylbenzoïques. Quand la réaction est terminée, on élimine l'excès de sulfure de carbone, et l'on traite l'huile brune qui reste par une solution de 25^{cc} d'acide sulfurique dans un litre d'eau. L'acide dichloré se sépare sous la forme d'une masse jaune ou verdâtre, que l'on transforme en sel de soude par le carbonate de soude. On décolore au noir animal, on décompose le sel de soude par l'acide sulfurique à 20 pour 100. Il se précipite de l'acide jaune, que l'on fait cristalliser dans l'alcool éthylique. Le rendement est de 60 pour 100.

» L'acide diméthylamidobenzoylbenzoïque dichloré cristallise en paillettes jaunes fondant à 222°. Il est insoluble dans l'eau froide, peu soluble dans l'eau chaude, assez soluble dans l'alcool éthylique et l'éther, mais soluble dans l'alcool méthylique.

» *Anhydride acétyldiméthylamidobenzoylbenzoïque chloré :*

$$C^6H^2Cl^2 \left< \begin{array}{l} CO\,C^6H^4Az \left< \begin{array}{l} CH^2 \\ CH^3. \end{array} \right. \\ CO \diagdown \\ \qquad\quad O \\ CH^3 - CO \diagup \end{array} \right.$$

On chauffe au bain-marie pendant deux heures une partie d'acide avec trois parties d'anhydride acétique et l'on obtient par refroidissement une masse cristalline qui, reprise par le benzène bouillant et l'alcool à chaud, laisse déposer des paillettes brillantes d'anhydride mixte. La liqueur elle-même, distillée dans le vide jusqu'à consistance sirupeuse, et reprise par un mélange de benzène et d'alcool à chaud, laisse déposer les mêmes paillettes blanches fondant à 170°.

» *Éther méthylique :* $C^6H^2Cl^2 \left< \begin{array}{l} CO\,C^6H^4Az \left< \begin{array}{l} CH^3 \\ CH^3. \end{array} \right. \\ CO\,OCH^3 \end{array} \right.$ — En essayant de préparer cet éther par la méthode ordinaire, éthérification par l'intermédiaire de l'acide chlorhydrique sec, on n'obtient que le chlorhydrate de l'acide. Il se comporte donc comme l'acide tétrachloré cité plus haut et entre dans la catégorie des acides difficilement éthérifiables étudiés par M. V. Meyer [1].

» On prépare cet éther en traitant l'anhydride mixte par du méthylate de soude en quantité calculée. Avec un excès de soude, on obtient exclusivement le sel de soude de mon acide,

$$C^6H^2Cl^2 \left< \begin{array}{l} CO\,C^6H^4Az(CH^3)^2 \\ CO\,O\,CO\,CH^3 \end{array} \right. + CH^3ONa = CH^3CO\,ONa + C^6H^2Cl^2 \left< \begin{array}{l} CO\,C^6H^4Az(CH^3)^2 \\ CO\,O\,CH^3 \end{array} \right. ,$$

cristaux blancs très réfrangibles, fondant à 160° et donnant par saponification l'acide fondant à 222°.

---

[1] *Berichte*, t. XXVII, p. 1586; t. XXIX, p. 842, 1399, et t. XXXI, p. 504.

» L'*éther éthylique* : $C^6H^2Cl^2\left\langle\begin{array}{l}CO\,C^6H^4Az(CH^3)^2\\ COO\,C^2H^5\end{array}\right.$ se prépare de la même manière que son homologue inférieur, mais le rendement est plus mauvais. Petites aiguilles blanches fondant à 156° et donnant par saponification l'acide fondant à 222°.

» Le *dérivé nitrosé* : $C^6H^2Cl^2\left\langle\begin{array}{l}CO\,C^6H^3\left\langle\begin{array}{l}Az(CH^3)^2\\ AzO\end{array}\right.\\ COOH\end{array}\right.$ se prépare par l'action du nitrite de soude sur la dissolution acétique de l'acide diméthylamidobenzoylbenzoïque dichloré.

» On évapore la solution dans le vide pour éliminer l'excès d'acide acétique. On transforme le dérivé formé en sel de soude; on laisse déposer pendant vingt-quatre heures; le sel séparé est sursaturé d'acide sulfurique à 20 pour 100. On fait cristalliser le dérivé dans l'alcool méthylique bouillant.

» Petites aiguilles jaunes. Cristallise avec une molécule d'alcool qu'il prend à l'air en brunissant.

» Il fond à 165° et se dissout dans tous les dissolvants organiques ordinaires.

» L'analyse conduit à la formule $C^{16}H^{12}O^4Az^2Cl^2$. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les acétals de phénols* [1].
Note de M. R. Fosse.

» Si les acétals d'alcools sont bien connus, il n'en est pas de même des acétals de phénols. On connaît la plupart des acétals méthyléniques de formule : $CH^2\left\langle\begin{array}{l}OC^xH^{y-1}\\ OC^xH^{y-1}\end{array}\right.$, Claisen [2] a préparé les acétals éthylidéniques et benzylidéniques du naphtol β. M. Causse [3] a préparé l'éthène résorcine, le chloral résorcine et l'éthène pyrogallol. M. Ch. Moureu [4] a obtenu un acétal mixte d'alcool et de phénol, d'un type jusqu'alors inconnu : l'éthoxyléthane-pyrocatéchine $C^6H^4\left\langle\begin{array}{l}OCH^2\\ \quad\vert\\ OCH-OC^2H^5\end{array}\right.$. M. R. Fosse [5] a décrit le méthylène, l'éthylidène, le benzylidène-dioxydinaphtylène ou acétals du β binaphtol.

» On ne peut pas en général préparer les acétals de phénols comme ceux d'alcools. Lorsqu'on fait réagir les aldéhydes sur les phénols, soit en

(1) Travail fait au laboratoire de M. Haller.
(2) *D. ch. G.*, t. XIX, p. 3316.
(3) *Bull. Soc. chim.*, t. XLVII, p. 4, 88, 146, 738.
(4) *Bull. Soc. chim.*, p. 762; 1898.
(5) *Thèse Fac. Sciences Paris*, 1899, et *Bull. Soc. chim.*, t. XXI, p. 653.

présence d'acides soit en présence de déshydratants, on n'obtient pas en général d'acétals, mais des produits de condensation biphénoliques découverts par Baeyer, répondant à la formule : $R - CH\begin{cases} C^x H^{y-2} - OH \\ C^x H^{y-2} - OH \end{cases}$.

» Les atomes de carbone qui se soudent avec le $(CH)'''$ aldéhydique sont considérés comme étant situés en para vis-à-vis des OH, ainsi que l'indique le schéma

$$HO-C_6H_4-\underset{\substack{| \\ R}}{CH}-C_6H_4-OH.$$

» Dans le cas des naphtols, cette hypothèse se trouve confirmée par Claisen.

» Le naphtol α, dont la position para est libre, donne un composé biphénolique ; le naphtol β, dont la position para est prise, donne un acétal :

$$HO-C_{10}H_6-\underset{\substack{| \\ R}}{CH}-C_{10}H_6-OH \qquad C_{10}H_7-O-\underset{\substack{| \\ R}}{CH}-O-C_{10}H_7$$

» Ayant obtenu facilement les acétals du binaphtol β par double décomposition entre les chlorures aldéhydiques et le binaphtolate sodique suivant l'équation :

$$C^6H^5 - CH = Cl^2 + \begin{matrix} C^{10}H^6 - O - Na \\ | \\ C^{10}H^6 - O - Na \end{matrix} = 2\,NaCl + C^6H^5 - OH\begin{cases} OC^{10}H^6 \\ | \\ OC^{10}H^6 \end{cases},$$

je me suis proposé de préparer par ce procédé les acétals inconnus. Tawildarow a obtenu des traces d'acétal ordinaire par l'action du bromure d'éthylidène sur l'éthylate de sodium.

» *Préparation de l'acétal du phénol* $CH^3 - CH\begin{cases} OC^6H_5 \\ OC^6H^5 \end{cases}$, *Éthénedioxydiphényle non symétrique*. — On a obtenu ce corps en chauffant en tube clos à 120° 2 molécules de phénol, 2 molécules de potasse en solution dans l'eau, plus 1 molécule de chlorure d'éthylidène, le tout additionné d'alcool pour dissoudre en partie ce dernier. Le contenu des tubes est traité par un grand excès de potasse pour dissoudre le phénol, en agitant avec de l'éther on rassemble la partie insoluble. La solution éthérée est séchée sur du chlorure de calcium, l'éther est chassé et le résidu huileux distillé dans le vide. Il passe d'abord un peu de phénol, puis le thermomètre monte brusquement en un point fixe jusqu'à la fin. La dernière portion est rectifiée à nouveau en recueillant ce qui passe à 174°-176° sons 27^{mm}.

» L'analyse, la cryoscopie, la saponification de ce corps font bien voir que c'est l'acétal du phénol $CH^3-CH\langle{}^{OC^6H^5}_{OC^6H^5}$.

» La cryoscopie donne : M = 200. Théorie : M = 214.

» La saponification par l'acide sulfurique dilué donne de l'aldéhyde et du phénol. L'acétal se décompose suivant :

$$CH^3-CH\langle{}^{OC^6H^5}_{OC^6H^5}+H^2O = CH^3-CHO+2C^6H^5OH.$$

» *Caractérisation de l'aldéhyde.* — Dans un petit ballon à distiller on a placé 1gr d'acétal, 10gr d'acide sulfurique étendu de son volume d'eau, on a chauffé quelques minutes, en recueillant les vapeurs dans un tube à essai contenant de la fuchsine décolorée par SO^2, la fuchsine se recolore. On perçoit très bien à l'odorat les vapeurs d'aldéhyde.

» *Caractérisation du phénol.* — On distille quelques gouttes ; en même temps que de l'eau passent des gouttelettes de phénol très sensible à l'odeur. Par l'eau de brome on obtient un précipité volumineux qui, séché et sublimé, donne de belles aiguilles fondant à 93°, ce qui correspond bien au tribromophénol (point de fusion : 95°).

» *Propriétés de l'acétal.* — C'est un liquide huileux, légèrement ambré, à odeur aromatique, insoluble dans l'eau, dans les alcalis, soluble dans l'alcool, le benzène et l'éther. Il cristallise dans le chlorure de méthyle en une masse cristalline qui fond à + 10°. Il est entraînable par la vapeur d'eau.

» *Préparation de l'acétal du naphtol* α $CH^3-CH\langle{}^{OC^{10}H^7}_{OC^{10}H^7}$. On l'a obtenu soit en chauffant en tube clos à 120° une solution alcoolique contenant les quantités théoriques de sodium, de naphtol α et de chlorure d'éthylidène, soit en chauffant une solution aqueuse de 2 molécules de naphtol α, 2 molécules de potasse, 1 molécule de chlorure d'éthylidène avec assez d'alcool pour dissoudre ce dernier. On isole par les alcalis une matière pâteuse rouge foncé, par ébullition avec du noir animal de la solution alcoolique de cette substance jusqu'à décoloration complète et filtration, on obtient, par évaporation dans le vide, de belles aiguilles incolores fondant à 117°.

» L'analyse et la saponification démontrent que ce corps est l'acétal du naphtol α.

» *Saponification.* — Chauffé avec de l'acide sulfurique dilué l'acétal se décompose, d'une part en aldéhyde qu'on a caractérisé par le réactif de Schiff, d'autre part en naphtol α reconnaissable à son odeur, à son point de fusion, à sa coloration violet foncé par l'hypobromite.

» Dans une prochaine Note je me propose de décrire de nouveaux acétals obtenus avec M. J. Ettlinger. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Remarques sur les transformations de la matière organique pendant la germination* [1]. Note de M. **G. André**.

« J'ai décrit récemment (*Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 1262, 1899) les variations que subissent les matières minérales dans les premiers temps de la germination du Haricot d'Espagne, en arrêtant cette étude au moment où la plante pèse à peu près autant que la graine initiale. Je désire aujourd'hui présenter quelques observations sur les variations concomitantes de la matière organique.

» Voici, sous forme de Tableau sommaire, quelques-uns seulement des résultats que j'ai obtenus, rapportés à 100 graines ou plantules sèches.

		Poids de la matière séchée à 110°.	Azote total.	Asparagine.	Azote amidé soluble total, y compris celui de l'asparagine.	Hydrates de carbone solubles dans l'eau.	Amidon et celluloses saccharifiables.	Cellulose insoluble.
		gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
Deuxième série.	26 mai 1899; 100 graines.	111,75	3,52	0,69	0,59	»	»	»
	1. 2 juin; 100 plantules...	109,81	3,55	1,17	0,91	»	»	»
	2. 5 » 100 » ...	102,43	3,49	2,07	1,33	»	»	»
	3. 8 » 100 » ...	88,89	3,54	1,87	1,64	»	»	»
	4. 13 » 100 » ...	97,50	3,82	1,23	1,30	»	»	»
	5. 20 » 100 » ...	147,00	5,29	1,02	1,52	»	»	»
Troisième série.	26 juin 1899; 100 graines.	116,95	3,61	1,03	0,85	7,63	62,07	8,20
	1. 3 juill.; 100 plantules...	98,50	3,47	0,99	1,22	4,85	53,84	6,86
	2. 5 » 100 » ...	99,71	3,64	1,28	1,48	5,51	52,40	8,81
	3. 8 » 100 » ..	84,34	3,41	2,00	1,96	4,81	34,49	10,77
	4. 11 » 100 » ...	77,89	3,47	1,54	1,68	5,87	20,18	10,02
	5. 15 » 100 » ...	105,66	4,56	1,39	1,88	4,64	16,40	16,50
	6. 19 » 100 » ...	133,55	5,97	1,73	2,34	4,63	14,61	23,66
Quatrième série.	29 août 1899; 100 graines.	109,12	4,25	0,65	1,07	8,45	49,64	7,60
	1. 6 sept.; 100 plantules...	96,06	4,06	1,26	1,43	2,98	44,17	8,25
	2. 8 » 100 » ...	85,79	3,97	1,96	2,05	1,91	28,78	9,46
	3. 13 » 100 » ...	78,69	3,95	2,87	2,18	2,23	17,86	10,70
	4. 18 » 100 » ...	96,00	4,39	2,47	2,19	2,69	16,77	14,30
	5. 20 » 100 » ...	99,68	4,79	2,35	2,37	1,56	15,46	15,13
	6. 25 » 100 » ...	137,27	5,62	2,10	2,62	8,50	24,07	20,49

[1] Laboratoire du Collège de France.

» *Azote.* — On sait que, tant que la plantule issue de la graine pèse moins que celle-ci, le poids de l'azote total ne subit que des variations insignifiantes. Si l'on examine comment se comporte l'azote sous ses différentes formes, voici ce que l'on trouve. L'asparagine est, à tous moments de la germination normale que j'ai étudiée, peu abondante. L'ébullition d'un poids connu de matière sèche avec l'acide acétique (à 2 ou 3 pour 100) fournit, après filtration, un liquide contenant l'asparagine dédoublée en aspartate d'ammonium qu'il suffit de faire bouillir avec de la potasse étendue pendant une demi-heure pour obtenir, à l'état d'ammoniaque, la moitié de l'azote de l'asparagine (¹). Celle-ci peut donc être facilement dosée. Le liquide acide tient également en dissolution certains albuminoïdes ou acides amidés sur lesquels la potasse étendue est sans action. La quantité d'azote protéique qui demeure à l'état insoluble dans ce traitement est exactement la même que celle que l'on obtient par l'emploi de la méthode de Stützer. En ce qui concerne l'asparagine, on remarquera que celle-ci présente son poids maximum à peu près au moment où la plantule a subi la plus grande perte de poids sec; elle diminue ensuite assez régulièrement. A l'époque du maximum, l'azote de cette asparagine représente, au plus, 6 à 7 pour 100 de l'azote total. L'azote amidé soluble, rapporté à 100 unités sèches, augmente depuis le début de la germination; mais si sa diminution ultérieure est d'abord parallèle à celle de l'asparagine, il se relève bientôt, ce qui indique que c'est aux dépens de cet azote soluble, destiné à se déplacer, que va se former l'azote albuminoïde insoluble du nouveau végétal. La régénération d'albuminoïdes insolubles se fait donc, comme M. N. Prianischnikow vient de le montrer (²), aussi bien aux dépens de l'asparagine que de l'azote des acides amidés, l'action de ceux-ci pouvant être prépondérante.

» Ce relèvement dans le poids de l'azote soluble coïncide également avec le moment où la plantule commence à absorber de l'acide phosphorique, dont le taux était, jusque-là, à peu près invariable.

» *Hydrates de carbone solubles.* — Ceux-ci ont été extraits par de l'alcool

---

(¹) J'ai vérifié, sur de l'asparagine pure, qu'un semblable traitement produisait quantitativement son dédoublement. J'ajouterai que la dessiccation à 110° dans un courant d'air d'une plante, même fortement étiolée, ne dégage que des traces d'ammoniaque, ainsi que je m'en suis assuré.

(²) *Die Rückbildung der Eiweissstoffe aus deren Zerfallsprodukten* (*Land. Vers. Stat.*, LII, 347; 1899).

à 60 pour 100 tiède. On les a convertis pour le dosage en sucre réducteur par ébullition avec de l'acide chlorhydrique dilué. Leur quantité est notable dans la graine elle-même; elle diminue au fur et à mesure des progrès de la germination. Leur préexistence dans la graine et leur diminution ultérieure montrent qu'ils ne semblent pas devoir provenir de la solubilisation de l'amidon et qu'ils sont brûlés directement, en partie du moins, par la respiration.

» *Amidon et celluloses saccharifiables par les acides étendus à* 100°. — Ces hydrates de carbone présentent la relation bien connue d'une diminution progressive et considérable depuis le début de la germination jusqu'au moment où la plantule pèse plus que sa graine. On les a calculés en glucose. D'après le tableau des expériences, on voit qu'à l'instant où la plante, après avoir diminué constamment de poids sec, récupère peu à peu, par le jeu de la fonction chlorophyllienne et par une énergique absorption de substances fixes, une partie de la matière qu'elle a perdue, la perte d'amidon et de cellulose saccharifiable n'est pas encore maxima.

» *Cellulose.* — La cellulose proprement dite, non saccharifiable par les acides étendus, et soluble dans le réactif Schweitzer, augmente au contraire avec une grande régularité depuis le début de la germination. Elle subit un accroissement de poids considérable dès que la plante pèse plus que sa graine. Ce dernier accroissement est dû à la transformation de l'amidon de nouvelle formation, dont le poids éprouve parfois, à ce moment, une forte augmentation. Peut-être même une partie de celui-ci s'organise-t-elle si rapidement en cellulose, que sa présence n'est que transitoire. A cette augmentation rapide de la cellulose, alors que la plantule se rapproche du poids de la graine initiale et va dépasser ce poids, correspond une absorption considérable de la silice et de la chaux. Il semble que l'on puisse constater encore une fois la relation remarquable qui lie l'union de la cellulose avec certains éléments minéraux.

» Je présenterai tous les chiffres de mes expériences et développerai les données qui précèdent dans un Mémoire plus étendu, qui sera publié dans un autre Recueil, et je compte publier prochainement quelques observations relatives aux variations de la matière minérale et de la matière organique pendant la végétation d'une graine à l'obscurité absolue. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Les hydrates de carbone de réserve des graines de Luzerne et de Fenugrec.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey.**

« S'il est facile de séparer à la main l'albumen des graines de Caroubier et de Canéficier ([1]), il n'en va pas de même avec les graines de Luzerne et de Fenugrec. Ces dernières graines sont trop petites et, de plus, leur albumen, différant en cela de l'albumen des premières, se transforme rapidement en mucilage dès qu'on les met à tremper dans l'eau.

» Il fallait donc, pour étudier les hydrates de carbone contenus dans ces albumens, recourir à un procédé de dissolution permettant de les isoler. Ce procédé, nous l'avons emprunté à M. Müntz qui, dès 1882, l'a imaginé pour retirer des graines de Luzerne le principe qu'il a appelé *galactine* ([2]).

» La galactine constitue, en réalité, l'hydrate de carbone de réserve des graines de Luzerne. On sait, en effet, que M. Müntz a établi que, traitée par l'acide sulfurique étendu, elle donne du galactose, — sucre qu'on obtenait ainsi pour la première fois, avec un principe immédiat autre que le lactose, — et un second sucre qu'il n'a pu faire cristalliser. On verra plus loin que celui-ci est du mannose, sucre absolument inconnu à l'époque des intéressantes recherches que nous venons de rappeler.

» Le procédé de M. Müntz se résume dans les opérations suivantes : faire macérer la graine pulvérisée dans une solution d'acétate neutre de plomb, décanter le liquide éclairci par le repos, l'additionner d'acide oxalique, de façon à précipiter l'excès de plomb, filtrer et précipiter l'hydrate de carbone par addition d'alcool. Voici, d'ailleurs, quelques détails sur la façon dont nous l'avons appliqué et sur les résultats qu'il nous a fournis :

» I. *Graine de Luzerne :*

Graines de Luzerne moulues	400gr
Acétate de plomb cristallisé	40
Eau distillée	4000

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 228, 1899, et *Volume jubilaire de la Société de Biologie*, p. 388; 1899.

([2]) *Sur la galactine* (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XXVI, p. 121 1882).

» On fait macérer la poudre de graine de Luzerne dans la solution d'acétate de plomb, pendant deux jours, en ayant soin d'agiter de temps en temps. On jette sur un linge grossier, et, quand le liquide visqueux s'est égoutté, on le porte à la cave où on le laisse au repos pendant deux ou trois jours. On décante, on filtre et, au liquide limpide obtenu, on ajoute, pour 1000^{cc}, 2^{gr} d'acide oxalique préalablement dissous dans une petite quantité d'eau. On laisse de nouveau reposer pendant vingt-quatre heures, on filtre et l'on additionne le liquide filtré de 1 volume $\frac{1}{2}$ d'alcool à 90°. L'hydrate de carbone se précipite en flocons blancs, un peu filamenteux, qui se rassemblent au fond du vase.

» On recueille le précipité sur un filtre, on le lave à l'alcool à 90°, puis on le délaie dans de l'alcool à 95° qu'on porte à l'ébullition. Finalement, après séparation de l'alcool, on l'exprime entre des feuilles de papier à filtrer et on le fait sécher dans le vide sulfurique.

» Le produit ainsi obtenu est presque pulvérulent, très léger et tout à fait blanc. Pour l'avoir complètement sec, il faut le maintenir à l'étuve à 100° pendant quelque temps. Lorsqu'on le met dans l'eau, il se gonfle d'abord, puis se dissout lentement en donnant une solution incolore, visqueuse, très légèrement opalescente.

» Il est dextrogyre : son pouvoir rotatoire α_D a été trouvé égal à $+84°,26$ (M. Müntz indique $+84°,5$ pour son produit).

» Pour effectuer l'hydrolyse, on a opéré avec le mélange suivant :

Hydrate de carbone sec	$2^{gr},416$
Acide sulfurique	$2^{gr},50$
Eau	q. s. pour faire 100^{cc}

» On a chauffé à l'autoclave à 110° pendant deux heures.

» L'analyse du liquide a accusé la formation de $2^{gr},38$ de sucres réducteurs (exprimés en dextrose). Une portion du liquide a servi au dosage du mannose à l'état de mannose-hydrazone, et une autre au dosage du galactose par la méthode de Tollens (transformation en acide mucique). On a trouvé pour la totalité : $1^{gr},223$ de mannose, dont une partie a été régénérée de son hydrazone et obtenue cristallisée, et $1^{gr},178$ de galactose.

» On voit ainsi que cet hydrate de carbone est une *mannogalactane*, et qui nous a fourni à l'hydrolyse des poids sensiblement égaux de mannose et de galactose.

» II. *Graine de Fenugrec.* — Les graines de Fenugrec, soumises au traitement que nous venons d'exposer, ont donné aussi un produit blanc, léger, mais bien moins facilement soluble dans l'eau que le produit analogue retiré des graines de Luzerne.

» La solution, assez fortement opalescente, ne paraît pas parfaite, de sorte que si l'on cherche à filtrer, il passe un liquide qui n'a pas la même composition que ce qui reste sur le filtre. On a pu néanmoins constater qu'elle est dextrogyre.

» $2^{gr},51$ de produit sec, hydrolysés à l'autoclave, ont donné en deux heures $2^{gr},50$ de sucres réducteurs qui renfermaient, d'après l'analyse, $1^{gr},249$ de mannose et $0^{gr},978$ de galactose.

» C'est donc encore une mannogalactane, un peu différente toutefois de celle retirée des graines de Luzerne.

» III. *Action de la séminase* (¹). — Ces mannogalactanes ont été soumises à l'action de la séminase à la température de 35° à 40° : celle-ci étant sous forme d'une solution préparée par macération dans de l'eau additionnée de fluorure de sodium, de graines de Luzerne germées. L'hydrolyse a commencé aussitôt, se manifestant par la disparition complète de la viscosité du liquide et par la formation de sucres réducteurs parmi lesquels le mannose a pu être caractérisé à l'aide de la phénylhydrazine.

» *En résumé :*

» 1° Les hydrates de carbone de réserve des graines de Luzerne et de Fenugrec sont, comme ceux des albumens des graines de Caroubier et de Canéficier, des mannogalactanes;

» 2° Ces hydrates de carbone diffèrent les uns des autres par leur composition et par leurs propriétés;

» 3° La séminase les hydrolyse, les uns et les autres, en donnant naissance à des sucres réducteurs assimilables. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Localisation de la myrosine et de la gomme chez les* Moringa. Note de M. **F. Jadin**, présentée par M. Guignard.

« Le genre *Moringa*, rattaché par plusieurs auteurs à la famille des Capparidées, est considéré aujourd'hui comme formant à lui seul une famille spéciale placée toutefois près des Capparidées.

» La présence de la myrosine, démontrée par M. Guignard chez celles-ci, nous a conduit à étudier les *Moringa* à ce point de vue.

» *Localisation de la myrosine.* — 1° Nous avons fait d'abord appel aux réactions microchimiques indiquées par M. Guignard pour y révéler l'existence et la localisation des cellules à ferment. Voici ce qu'on observe dans les divers organes du *Moringa pterygosperma :*

» Dans la racine, les cellules à ferment sont très nombreuses; elles occupent le parenchyme cortical et le liber. Dans le parenchyme cortical, ce sont surtout les assises périphériques qui en contiennent. Le bois et la moelle n'en contiennent pas.

» Dans la tige, le ferment se trouve également dans des cellules spéciales de l'écorce et du liber. Ici encore, les assises périphériques du parenchyme cortical, particulièrement l'assise sous-épidermique, sont les plus riches.

» Dans la feuille, les tissus du pétiole qui correspondent à ceux de la tige possèdent

---

(¹) Sur l'individualité de la séminase, ferment soluble sécrété par les graines de Légumineuses à albumen corné, pendant la germination, voir *Comptes rendus*, t. CXXX, p. 340; 1900.

quelques cellules à ferment. Le limbe en contient aussi, mais l'abondance des substances protéiques masque les réactions microchimiques.

» Dans le pédoncule floral, la répartition des cellules à ferment est identique à celle que l'on observe dans la tige.

» Dans la fleur, les pétales en contiennent; on peut aussi en trouver dans les cellules sous-épidermiques des filets staminaux.

» L'état des graines que nous avons eu à considérer ne nous a pas permis de constater la présence et la répartition des cellules à ferment; mais la myrosine doit y exister aussi, car Baillon ([1]) écrit à propos de l'embryon du *Moringa aptera :* « Il est âcre, » surtout quand il est frais; il rubéfie alors la peau ».

» 2° Nous avons reçu d'Égypte, grâce à l'obligeance de M. Deflers, des échantillons frais de *Moringa pterygosperma* et nous avons pu nous assurer que le ferment localisé dans ces cellules spéciales était de la myrosine.

» Pour cela, nous avons isolé les divers tissus où nous avions observé les cellules spéciales; nous les avons contusés et nous les avons fait agir sur une solution de myronate de potassium à 1 pour 500. Le mélange a été placé dans une étuve à température constante maintenue à 45°.

» *Expérience n° 1.* — $0^{gr},50$ d'écorce et de liber de tige ont été mis en présence de 10^{cc} de la solution de myronate de potassium. L'odeur caractéristique d'essence de moutarde s'est développée presque immédiatement.

» *Expérience n° 2.* — 2^{gr} d'écorce prise sur une tige âgée mesurant 3^{cm} de circonférence ont été mis en présence de 20^{cc} de la solution de myronate de potassium. L'odeur caractéristique a été perçue au bout de cinq minutes.

» *Expérience n° 3.* — 1^{gr} de folioles a été mis en présence de 10^{cc} de la solution de myronate de potassium. L'odeur caractéristique s'est nettement révélée au bout de dix minutes.

» *Expérience n° 4.* — $0^{gr},50$ de fleurs ont été mises en présence de 10^{cc} de la solution de myronate de potassium. L'odeur caractéristique a été franche au bout de dix minutes.

» *Expérience n° 5.* — 2^{gr} de bois de tige ont été mis en présence de 20^{cc} de la solution de myronate. A aucun moment, durant deux heures d'étuve, il n'y a eu d'odeur d'isosulfocyanate d'allyle.

» Nous pouvons donc conclure que les *Moringa* contiennent des cellules à ferment, et que ce ferment est de la myrosine.

» *Localisation de la gomme.* — Les *Moringa* fournissent une gomme qu'on rapproche des gommes adragantes.

» Quand on fait une coupe transversale dans une tige de *Moringa* pro-

([1]) *Histoire des plantes,* t. III, p. 179.

venant des régions naturelles où croissent ces plantes ([1]), on observe, au centre de la moelle, une grande cavité simulant un canal sécréteur.

» Si l'on suit le développement de cette lacune, on voit tout d'abord la membrane d'une cellule centrale de la moelle se gonfler jusqu'à remplir toute la cavité cellulaire et se transformer en gomme, tandis que les cellules voisines subissent un cloisonnement, formant ainsi des cellules de bordure de dimension moindre, dont les membranes se gonflent à leur tour et augmentent ainsi peu à peu la circonférence de la partie gommeuse de la moelle. Cette lacune centrale est ordinairement unique, — du moins dans les échantillons que nous avons observés, — mais il arrive quelquefois qu'il y en a deux; dans ce cas, la seconde est née par dichotomie de la première. C'est également par dichotomie que naissent les lacunes se rendant dans les branches latérales et dans les pétioles.

» Ces lacunes n'existent que dans la tige; quelquefois on en observe dans les pétioles; elles font défaut dans les pédoncules floraux et dans les racines. A part ces lacunes de la moelle, nous n'avons observé aucune autre cellule gommeuse, ni aucune autre lacune gommeuse dans les autres tissus des *Moringa* étudiés par nous. »

ZOOLOGIE. — *Sur l'origine et les enchaînements des Arthropodes de la classe des Onychophores* (Peripatus *et formes voisines*). Note de M. **E.-L. Bouvier**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Au point de vue anatomique, les Onychophores forment une classe des plus homogènes dans l'embranchement des Arthropodes, mais autant leur organisation est uniforme, autant sont variés, au début, leurs caractères embryologiques. Kennel et Sclater ont montré que les œufs des *Peripatus* (Onychophores américains) sont très petits ($0^{mm},04$), dépourvus de jaune et donnent naissance à des embryons qui se rattachent à l'utérus maternel par un cordon et un placenta; Willey a trouvé, dans les *Paraperipatus* (formes de la Nouvelle-Bretagne), des œufs également dépourvus

---

([1]) Cette restriction est utile à faire, car M. le professeur Guignard a eu la bonté de nous communiquer des tiges d'un *M. pterygosperma* cultivé dans les serres de l'École de Pharmacie de Paris, et nous n'avons pas constaté les lacunes décrites ici. Au point de vue de la présence de la myrosine, cet exemplaire s'est montré aussi riche en ferment que ceux que nous avions précédemment étudiés.

de jaune, mais plus volumineux (0,1) et qui produisent des embryons dont l'organe nutritif essentiel est une énorme vésicule nuquale en relation avec la cavité entérique; d'après Balfour, Moseley et Sedgwick, les embryons de *Peripatopsis* (Onychophores de l'Afrique australe) se nourrissent par leur surface aux dépens du liquide utérin et sont issus d'œufs assez grands (0,5), mais dépourvus de jaune; enfin, d'après L. Sheldon les embryons de *Peripatoides* (formes de Nouvelle-Zélande et d'Australie) sont plongés dans le vitellus d'un œuf volumineux dont le diamètre maximum atteint en moyenne $1^{mm},5$ de diamètre.

» Étant donnés ces faits, on est en droit de se demander : 1° quels sont les animaux qui ont donné naissance aux Onychophores; 2° quelles sont les formes les plus primitives de ces derniers; 3° comment on peut expliquer les différences embryogéniques si remarquables que présentent les divers genres du groupe. Nous allons tenter de résoudre ces trois sortes de questions.

» 1° *Les ancêtres des Onychophores*. — Les études anatomiques et embryologiques démontrent surabondamment que les Onychophores tiennent à la fois des Annélides et des Arthropodes et qu'ils dérivent d'animaux aquatiques appartenant à la première de ces classes. Il y a unanimité sur ce point.

» Mais on peut se demander quelle est la forme aquatique à laquelle se rattachent les Onychophores; c'est une question qui sera examinée plus loin.

» 2° *Les Onychophores primitifs*. — Au sujet des Onychophores les plus primitifs, apparaissent les divergences. Pour Kennel, les *Peripatopsis* se rapprochent surtout de la forme ancestrale, car leurs œufs, dépourvus de jaune, produisent des embryons qui se nourrissent presque exclusivement de liquide utérin; de ces formes seraient dérivés, dans deux directions divergentes, d'une part les *Peripatus* avec leur placenta nutritif, de l'autre les *Peripatoides* avec leurs œufs gorgés de vitellus. Pour Sedgwick, pour Sheldon, et aussi pour Korschelt et Heider, les Onychophores à œufs volumineux (*Peripatoides*) se rapprocheraient surtout des ancêtres annélidiens, et, par perte du jaune, auraient donné naissance aux *Peripatopsis* et aux *Peripatus*.

» Quoique diamétralement opposées, ces deux hypothèses sont aussi peu satisfaisantes l'une que l'autre; ce sont des conceptions purement théoriques qui s'effondrent dès qu'on essaie de les adapter aux faits. Incontestablement, les Onychophores les plus primitifs se reconnaîtront au

nombre considérable et éminemment variable de leurs segments, aux variations de leurs soles locomotrices et de leurs papilles pédieuses, à la position de leurs orifices néphridiens anormaux (pattes IV et V) qui doivent être éloignés le moins possible de la base des pattes, c'est-à-dire de la position normale, au développement de l'organe ventral annexé au cerveau, à l'absence de différenciation dans la glande génitale femelle, à la présence d'un entonnoir néphridien sur les oviductes, et à la position de l'orifice sexuel qui sera éloigné le plus possible de l'extrémité postérieure de l'animal. Or les *Peripatoides* et les *Peripatopsis* ne présentent aucun de ces caractères, tandis que les *Peripatus* les présentent tous. Si j'ajoute que ces derniers sont munis de sacs branchiaux à la base des pattes, tandis que les deux autres formes n'en présentent jamais, on conviendra qu'il est difficile de ne pas considérer les *Peripatus* comme les représentants actuels les plus primitifs du groupe des Onychophores. Et comme les œufs des *Peripatus* sont minuscules et dépourvus de jaune, il y a lieu de croire que les formes ancestrales du groupe appartenaient aux Annélides polychètes.

» 3° *Les enchaînements des Onychophores*. — Très réduits et dépourvus de jaune, les œufs de ces formes ne purent être déposés dans le sol quand se produisit l'adaptation à la vie terrestre. Ils restèrent dans l'utérus maternel, et leurs embryons s'y nourrirent vraisemblablement par tous les procédés possibles : A, digestion des rares *matières nutritives contenues dans l'œuf;* B, absorption superficielle des *liquides utérins;* C, consommation directe des principes de la mère par une partie du syncytium embryonnaire transformée en *placenta utérin*.

» C'est à ces trois modes de nutrition qu'ont encore actuellement recours les embryons de *Peripatus;* ils se fixent de très bonne heure aux parois utérines (stade à trente-deux cellules, d'après Kennel), mais diffèrent vraisemblablement des embryons ancestraux par *le développement prédominant de la nutrition placentaire*.

» Dans d'autres formes, l'œuf accumule dans son intérieur *une quantité considérable de matière nutritive* et finit par suffire au développement de l'embryon. Ainsi se produisirent les *Peripatoides*. Entre ces derniers et les Péripates primitifs ont dû s'intercaler des formes intermédiaires caractérisées par un placenta réduit et un œuf assez volumineux. Peut-être cet état se présente-t-il encore dans le *Peripatoides Blainvillei* de l'Amérique du Sud.

» Dans un dernier groupe, enfin, *la nutrition embryonnaire aux dépens*

du liquide utérin devint peu à peu prédominante; le placenta se détacha des parois utérines et, grâce à son pédoncule creux, devint une vésicule nuquale. En même temps, l'œuf augmentait progressivement de volume, et il arriva un stade où l'embryon put, sans vésicule, se développer aux dépens de l'œuf et (par la surface ectodermique) du liquide utérin. Le stade à grande vésicule et à petits œufs a été conservé par les *Paraperipatus*, celui où les œufs sont relativement gros et où la vésicule n'existe plus par la majorité des *Peripatopsis*. Ces deux stades ont dû se relier l'un à l'autre par des états intermédiaires où l'œuf était assez grand et la vésicule déjà très réduite. J'ai pu constater un état de cette sorte dans une espèce de l'Afrique australe, le *Peripatopsis Sedwicgki*, sur des exemplaires femelles du Musée britannique.

» Issues du même tronc ancestral, ces trois branches divergentes se font encore remarquer par les caractères propres de leurs organes sexuels mâles. Sous ce rapport, les *Paraperipatus* et les *Peripatopsis* se rapprochent surtout des types ancestraux : les premiers parce qu'ils n'ont pas de spermatophores (Willey), les seconds parce qu'ils sont dépourvus de réceptacles séminaux et parce que leurs petits spermatophores (Sedgwick) sont des organes d'injection hypodermique (Whitmann). Les *Peripatus* ont un réceptacle séminal comme les *Paraperipatus*, mais forment en outre d'énormes spermatophores (Gaffron); les *Peripatoides*, enfin, se distinguent des *Peripatus*, non point par leur appareil mâle, mais par leurs organes génitaux femelles qui sont dépourvus d'entonnoirs néphridiens (Sheldon). A ce point de vue encore, les *Peripatoides* s'éloignent beaucoup des formes ancestrales du groupe. »

ANATOMIE ANIMALE. — *Étude anatomique des organes générateurs mâles des Coléoptères à testicules composés et fasciculés* (1). Note de **L. Bordas**, présentée par M. Edmond Perrier.

« Les Coléoptères dont les testicules sont *composés et fasciculés*, c'est-à-dire constitués par un grand nombre de tubes courts, tronconiques ou en

(1) Nous avons, dans une Communication précédente (*Comptes rendus* du 26 décembre 1899), décrit l'appareil génital des Coléoptères *à testicules composés et disposés en grappes*.

forme de massue s'ouvrant à l'extrémité élargie des canaux déférents, appartiennent aux familles ou tribus suivantes :

» *Aphodiinæ, Copriinæ, Geotrupinæ, Melonlothinæ, Rutelinæ, Lucanidæ, Cetoninæ, Chrysomelidæ* (sauf quelques genres), *Cerambycidæ,* etc.

» Dans tous les genres de ce groupe, l'appareil générateur mâle est à peu près uniforme et comprend : 1° deux *testicules* formés de lobules composés chacun d'un nombre plus ou moins considérable d'ampoules (utricules) spermatiques; 2° une paire de *canaux déférents* cylindriques et renflés sur leur trajet pour former les vésicules séminales; 3° deux *glandes annexes* ou *accessoires* (sauf chez les Cétoines), et 4° un *conduit éjaculateur impair* sur tout son trajet (excepté chez quelques Longicornes) et généralement dilaté à son origine.

» Les TESTICULES sont partout pairs et comprennent un certain nombre de lobules testiculaires de grosseur et de forme très variables : les uns sont sphériques ou ovales, les autres aplatis ou discoïdaux, et d'autres enfin coniques. Leur nombre varie, pour chaque glande, de *deux* (plusieurs *Chrysomélides, Curculionides, Judolia, Cerambyx, Leptura, Strangalia, Bathocera,* etc.) à *douze* (*Cetonia, Lamia,* etc.). Chaque lobule est entouré d'une membrane externe recouvrant une série d'*ampoules* (utricules) *spermatiques* tubuleuses, tronconiques ou en forme de massue. Parfois elles présentent l'aspect de disques lamelleux, semi-circulaires et disposés comme les feuillets d'un livre.

» Quels que soient leur forme et leur nombre, tous les *utricules spermatiques* vont directement déboucher dans une sorte de réceptacle, plus ou moins large, situé dans la région centrale de chaque lobule, d'où part un *canalicule déférent.*

» Les canalicules déférents sont courts, grêles, filiformes, parfois sinueux et s'ouvrent, soit au sommet plus ou moins dilaté des canaux déférents proprement dits (*Lucanidæ*, la plupart des *Scarabeidæ* et des *Cerambycidæ*), soit sur les côtés de l'extrémité antérieure de ces mêmes canaux (*Cetonia, Lamia,* etc.).

» Les CANAUX DÉFÉRENTS sont cylindriques, généralement sinueux et renflés au cours de leur trajet pour constituer les *vésicules séminales.* Ces dernières, peu apparentes chez les Aphodiens, les Chrysoméliens et quelques Longicornes, sont très nettes chez les Géotrupiens, les Cétoniens, etc. Chez certains Curculionides, elles sont courtes, larges et sacciformes (*Erirhinus*).

» Les canaux déférents ne débouchent pas toujours dans la région postérieure des glandes annexes. Ils s'ouvrent parfois à l'extrémité antéro-latérale du conduit éjaculateur, tout près des orifices des glandes accessoires (*Lucanidæ, Cetoninæ, Anisoplia,* etc.)

« Les GLANDES ANNEXES OU ACCESSOIRES (ectadénies) sont toujours au nombre de *deux,* sauf chez les *Cetonia* qui en possèdent *six.* Elles reçoivent généralement les canaux déférents vers leur quart postérieur (*Aphoniidæ, Chrysomelidæ,* etc.) ou bien tout à fait à leur extrémité terminale, presque à leur point de fusion avec le conduit éjaculateur; dans certains cas même, les quatre orifices sont nettement séparés.

» Ces glandes sont généralement simples, cylindriques et flexueuses, parfois courtes, atrophiées et vésiculeuses (*Lepturinæ*), rarement bifides (*Cerambycinæ*, *Lamiinæ*, etc.).

» Quand les canaux déférents sont courts, peu sinueux, quand leur épithélium est peu actif et les vésicules séminales peu différenciées, les glandes accessoires sont, chez quelques espèces, volumineuses, allongées et présentent, en général, une dilatation au-dessous du point d'embouchure du canal déférent (*Aphodius, Copris*, etc.). Chez les *Geotrupinæ*, au contraire, les canaux déférents sont bien développés, glandulaires, et les vésicules séminales volumineuses; aussi ne rencontre-t-on pas de dilatation anormale des glandes annexes et les canaux déférents s'unissent à ces dernières à très peu de distance de l'origine du conduit éjaculateur.

» Le CONDUIT ÉJACULATEUR est impair, cylindrique, court, ou parfois plus ou moins allongé, peu sinueux et rarement pelotonné. Il présente à son origine, chez presque toutes les espèces, un renflement vésiculeux, de forme et de volume très variables, et occupant des positions fort différentes suivant les espèces. Ce renflement est dû uniquement à l'accroissement d'épaisseur des parois du canal et non à l'augmentation du diamètre de son lumen interne. Le conduit provient de la fusion de deux tubes originellement doubles. On en a une preuve anatomique directe dans l'existence de deux canaux éjaculateurs qui sont encore, chez les *Lamiinæ*, séparés sur presque toute la longueur de leur trajet.

» La structure histologique des différentes parties de l'appareil génital mâle des Coléoptères à *testicules composés et fasciculés*, ainsi que la nature du contenu des glandes annexes, ne diffère que par des détails tout à fait secondaires de ce que nous avons dit à leur sujet dans la précédente Communication (26 décembre 1899). »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques nouvelles Bactériacées de la Houille*. Note de M. B. RENAULT, présentée par M. Van Tieghem.

« La houille de bois de *Cordaites*, d'*Arthropitus*, etc., provenant de différents bassins houillers et réduite en plaques minces, a montré que de nombreuses Bactériacées occupaient les parois et l'intérieur des cellules et des vaisseaux; les éléments ligneux, généralement écrasés, sont transformés en une sorte de pulpe rouge brun foncé, qui a conservé, toutefois, des indices suffisants d'organisation, pour qu'on puisse déterminer la nature des éléments qui la constituent.

» Nous avons déjà fait connaître plusieurs variétés de Microcoques et de Bacilles qui viennent se grouper autour des *Micrococcus* et *Bacillus Carbo*-

Nous signalerons aujourd'hui quelques espèces nouvelles ·

» 1° Dans un bois d'*Arthropitus* de Saint-Etienne, à l'intérieur des vaisseaux houillifiés, on observe de nombreuses Bactériacées se présentant en articles, soit isolés, soit soudés par deux, ou bien encore souvent, réunis en chaînettes comprenant quatre à neuf individus.

» La membrane des articles se distingue assez difficilement à cause du peu de différence entre sa coloration et celle de la houille qui l'environne; le protoplasma modifié contenu dans chacun d'eux est, au contraire, de couleur foncée, ce qui permet, en mesurant la distance des masses protoplasmiques de deux articles contigus, de trouver pour la membrane une épaisseur de $0^{\mu},25$, pour leur longueur $2^{\mu},5$ et pour leur largeur $0^{\mu},6$.

» Dans beaucoup d'articles libres ou soudés, le protoplasma s'est réuni en masses sphériques assez réfringentes ([1]) mesurant $0^{\mu},6$, qui peuvent être considérées comme des spores; il y en a généralement deux par article; dès lors ceux-ci, quand ils sont isolés, ont l'apparence de Diplocoques et, lorsqu'ils sont soudés, celle de Micrococques réunis en chaînettes; en réalité, ce sont des arthrospores dont beaucoup, d'ailleurs, se recontrent à l'état de liberté.

» La nouvelle Bactériacée fossile se caractérise donc par des cellules courtes rappelant les *Bacterium*, arrondies aux deux extrémités, se reproduisant généralement par la formation d'arthrospores, et ayant une tendance marquée à rester groupées en chaînettes. Nous la désignons, pour cette dernière raison, sous le nom de *Bacillus colletus*.

» 2° D'autres échantillons d'*Arthropitus*, mais recueillis à Commentry, contiennent, dans la houille provenant des cellules et des vaisseaux, de nombreux *Bacillus Carbo*, longs de $2^{\mu},2$, pouvant atteindre $4^{\mu},2$ au moment de la bipartition; ils se distinguent de l'espèce précédente par l'absence d'arthrospores et la rareté de leurs groupements en chaînettes. Associée au *B. Carbo*, on remarque une Bactériacée de petite taille longue à peine de $1^{\mu},8$ et large de $0^{\mu},5$; les deux extrémités sont coniques, la membrane est nette et de couleur foncée, l'intérieur est occupé par une matière homogène et transparente. On rencontre quelquefois cette Bactériacée formant des chaînettes de trois articles; l'ensemble mesure $5^{\mu},6$ de long, $0^{\mu},5$ de large, l'épaisseur de la membrane est de $0^{\mu},15$; les deux articles extrêmes sont coniques. Ce ne sont pas les seules Bactériacées que l'on observe, mais leur description nous entraînerait trop loin.

([1]) Leur réfringence appréciable, même au milieu de la houille, éloigne l'idée que l'on se trouve en présence de Microcoques.

» Nous appellerons toutefois l'attention sur une particularité intéressante qui se rencontre dans toutes les houilles renfermant des Bactériacées à contours nets et bien conservés; c'est la présence, au milieu d'elles, de vacuoles absolument transparentes, de tailles variées; les plus petites sont sphériques ou ellipsoïdales, les plus grandes sont irrégulières et souvent aplaties; ces vacuoles donnent l'impression de bulles gazeuses restées emprisonnées dans une matière visqueuse qui se serait desséchée; peut-être sont-elles dues au travail bactérien.

» 3° La houille renferme non seulement les Bactériacées qui ont contribué à sa formation, mais encore les microorganismes qui ont pénétré à l'intérieur des végétaux avant leur transformation en houille. Nous avons rencontré, en effet, dans les vaisseaux des mycéliums de Champignons saprophytes semblables à ceux que l'on remarque souvent dans le bois des tourbières, des Bactériacées dont l'état précaire semble indiquer que, loin d'avoir été des agents de houillification, elles ont subi elles-mêmes des altérations assez profondes; nous n'en citerons qu'un exemple.

» Quelques fragments de bois de Saint-Étienne montrent, dans les vaisseaux houillifiés, de nombreux filaments très grêles, rectilignes ou arqués, quelquefois divisés en deux branches, la plupart incomplets ou brisés.

» Sous un grossissement de 600 diamètres, on les voit formés d'articles disposés en chaînettes. La membrane, confondue avec la houille environnante, n'est pas distincte, mais l'intérieur, rempli d'une matière noire qui en marque assez nettement l'étendue, permet d'effectuer les mesures suivantes : la longueur des articles est de 1 à $1^{\mu},8$, leur largeur de $0^{\mu},5$ et l'épaisseur de l'enveloppe $0^{\mu},2$.

» Le protoplasma ne paraît pas avoir, dans les échantillons examinés, donné naissance à des arthrospores, comme dans l'espèce décrite en premier lieu.

» Lorsque les filaments se bifurquent, les branches sont inégales, souvent arquées; voici les mesures prises sur l'un d'eux : longueur du rameau principal $7^{\mu},2$ comprenant quatre articles, les deux branches mesurent $6^{\mu},7$ et $3^{\mu},6$ avec quatre et trois articles. A cet état, cette Bactériacée rappelle quelque peu le *Streptothrix chromogenes* de Gasperini segmenté; la mauvaise conservation de ces échantillons ne permet pas de faire des rapprochements plus complets et justifie l'opinion que nous avons émise plus haut, c'est-à-dire que ces chaînettes brisées représentent les restes de Bactériacées ayant pénétré dans les tissus avant leur houillification. »

GÉOLOGIE. — *Sur les types régionaux de gîtes métallifères.* Note de M. L. de Launay, présentée par M. Michel-Lévy.

« Chaque région géographique présente un type particulier de gîtes métallifères, caractérisé, tant par la nature même des minerais que par l'allure de leurs dépôts. Un gîte de Suède ne ressemble pas à un gîte du Plateau Central, ni celui-ci à un gîte d'Algérie; et surtout l'ensemble de la richesse minière offre des conditions très différentes dans l'un ou l'autre de ces trois pays. Mais ce contraste, qui est très frappant quand on parcourt l'Europe du nord au sud transversalement à ses grandes chaînes de plissement, disparaît, au contraire, presque complètement, si l'on se déplace de l'ouest à l'est en suivant l'une ou l'autre de ces chaînes de plissement. Le faciès, que nous avons d'abord considéré comme caractéristique d'une région géographique, l'est, en réalité, beaucoup plutôt d'une chaîne géologique, et l'expérience acquise dans une des parties de cette chaîne peut servir, jusqu'à un certain point, dans toutes les autres. Par exemple, la chaîne hercynienne constitue, d'un bout à l'autre, un ensemble très homogène, et la Meseta espagnole, le Plateau Central français, les Vosges, la Forêt-Noire et la Bohême ont une distribution de la richesse minière singulièrement analogue.

» Ce fait intéressant, qui n'avait pas encore, je crois, été mis en lumière, peut avoir plusieurs causes.

» Tout d'abord, l'idée vient aussitôt que le type régional des gisements métallifères doit correspondre au type non moins particularisé des diverses manifestations éruptives en un même point, à cet air de famille que des études récentes ont interprété par une différenciation progressive des mêmes magmas. Les analogies, que peuvent présenter, d'un bout à l'autre d'une même chaîne, les roches éruptives, aussi bien que les formes de dislocations, se retrouveraient alors dans les gisements en relation avec ces deux catégories de phénomènes. On peut même se demander si l'âge de la chaîne, avec lequel l'âge de la plupart des gisements qu'elle contient concorde approximativement, ne marque pas, dans l'évolution géologique de la croûte terrestre, une phase déterminée, ayant imprimé aux minerais comme aux roches un caractère propre et, en quelque sorte, un numéro d'ordre. Mais, tout en admettant fort bien ces explications, je crois qu'on peut leur ajouter une hypothèse générale, ayant peut-être l'avantage de coordonner, en les expliquant, un très grand nombre de faits d'observation.

» Cette hypothèse, c'est que le type régional des gîtes métallifères, type en rapport, comme je viens de le dire, avec l'âge de la chaîne de plissement correspondante, résulte, avant tout, de la profondeur jusqu'à laquelle l'érosion a pu, depuis ce plissement plus ou moins ancien, décaper les parties hautes du gîte; autrement dit, plus un gisement serait ancien, plus, les autres conditions restant les mêmes, nous en connaîtrions en moyenne les parties profondes, tandis que, dans les gîtes très récents, les parties qui nous sont accessibles sont encore celles qui, au moment de la cristallisation des minerais dans les filons, touchaient à la superficie.

» S'il en était ainsi, nous nous trouverions résoudre, simplement en considérant une série de gîtes de plus en plus anciens, une des questions les plus intéressantes de la Géologie appliquée, celle des *variations originelles en profondeur* des formations métallifères.

» Dans les théories professées jusqu'ici, on a toujours attribué à ces variations un rôle considérable et qui paraît logique, en remarquant l'influence qu'avaient dû exercer sur le dépôt des eaux la diminution de température et de pression, la volatilisation des gaz au voisinage de la surface, etc. J'ai essayé pourtant de montrer, dans une série de Communications antérieures ([1]) que la plupart des faits interprétés ainsi comme résultant de modifications originelles dans les conditions de dépôt étaient, en réalité, en relation très nette, non avec la surface topographique du sol au moment de ce dépôt, mais avec la surface actuelle, très différente de la précédente, telle que l'a produite une longue érosion, et qu'il fallait les expliquer par des altérations superficielles et secondaires, par des remises en mouvement tout à fait récentes. Il n'en résulte pas que des modifications originelles n'aient pas dû se produire jadis, au moment où les eaux métallisantes circulaient dans les crevasses du sol et se minéralisaient à la rencontre des fumerolles dégagées par les roches en ignition. Mais ces phénomènes devaient présenter une amplitude supérieure à celles sur lesquelles peuvent porter la plupart de nos travaux de mines et une hypothèse telle que celle que je propose paraît seule permettre de les étudier.

» On peut ajouter, d'ailleurs, que dans les régions très anciennement érodées, l'abrasion, le nivellement du sol ont été généralement poussés si loin que le niveau hydrostatique actuel se confond presque avec la superficie, en sorte que la zone alternativement immergée par des eaux oxydantes ou desséchée, sur laquelle portent surtout les altérations météoriques, est très restreinte, tandis qu'elle sera, au contraire, considérable

---

([1]) *Comptes rendus,* 22 et 29 mars, 14 juin 1897.

dans les chaînes récentes à profil encore très accidenté. Si donc on observe de tels phénomènes d'altération sur un gisement de ces chaînes anciennes, c'est, en général, dans des conditions très différentes, sur un compartiment de l'écorce qui a subi cette altération à une époque ancienne et qui, depuis ce moment, a été, par un enfoncement relatif, soustrait à l'ablation générale.

» Je ne puis songer à entrer ici dans le détail des faits ([1]). Je vais seulement préciser encore par l'exemple de trois zones géographiques de plus en plus récentes et dont les deux dernières surtout sont à des stades incontestablement très différents de leur érosion.

« Si l'on part du nord de l'Europe, en Scandinavie, on trouve presque uniquement des gisements d'un type bien particulier : d'énormes amas d'oxydes de fer dans le terrain primitif; des masses et imprégnations de pyrites, pyrrhotines nickélifères et cuprifères, en relation plus ou moins directe avec des roches basiques de profondeur; des gîtes de ségrégation; puis, au sud, quelques veines à minerais du groupe stannifère en relation avec des granulites (un peu de bismuth, de molybdène et des métaux rares, zirconium, niobium, etc.). Au contraire, extrêmement peu de filons proprement dits (Kongsberg, etc.) et ne présentant pas de grandes fractures prolongées; pas de métaux volatils comme le mercure (sauf des traces à Kongsberg) et pas d'altérations superficielles donnant des carbonates de zinc, fer ou plomb aux affleurements des gîtes sulfurés. Le Canada est, de l'autre côté de l'Atlantique, exactement l'homologue de la Scandinavie.

» Dans le Plateau Central ou les autres tronçons de la chaîne hercynienne, le rôle des ségrégations pyriteuses au contact des roches basiques se restreint; on voit s'accentuer les gîtes du groupe stannifère en relation avec des roches très acides, qu'il est naturel de considérer comme ayant pu remonter plus haut dans un même plissement que les fonds de creuset basiques. Mais surtout ce qui prédomine, ce sont les grands décrochements, les longues fractures nettes, où ont cristallisé, en zones régulièrement concrétionnées, les trois sulfures presque inséparables de zinc, plomb et fer, avec du nickel, du cobalt et de l'argent.

» Enfin, si nous passons en Algérie ou sur un autre rameau secondaire des Alpes, le long des chaînes tertiaires, ce qui attire l'attention, ce sont les nombreuses fractures éparpillées, irrégulières, telles qu'il peut s'en produire dans les terrains déchiquetés, bouleversés, des saillies de plissement, fractures souvent sans continuité en profondeur, les filons-failles parallèles aux plis (dont on aurait de meilleures types en Amérique), ou les veines directement reliées avec des roches d'épanchement. Les minerais des magmas basiques profonds, tels que le nickel, le fer chromé ou oxydulé, les masses pyriteuses, ont disparu; on ne voit plus non plus de ces métaux qui sont une émanation directe des roches acides pendant leur rochage et qui ont exigé, par suite, une haute pression avec une température élevée, comme l'étain, le bismuth, etc.; ce qui domine, c'est le plomb, le zinc, le fer, le cuivre, le mercure, en un mot, les mé-

([1]) Ils seront l'objet d'un article prochain dans la *Revue générale des Sciences*.

taux dont les sels ont pu rester en dissolution dans des eaux peu thermalisées et circulant à la façon de nos eaux thermales actuelles, où l'on en retrouve parfois de semblables.

» En même temps, les actions secondaires atteignent une intensité toute particulière, comme on peut le constater pour les gîtes de zinc de l'Attique, de la Sardaigne ou du sud de l'Espagne presque entièrement transformés en calamine, pour les gîtes de plomb du Taurus cilicien transformés en cérusite, pour les gîtes de fer de tant de mines de Styrie, des Alpes, des Pyrénées etc., où domine la sidérose.

» La superposition de ces trois zones, en négligeant le métamorphisme, représenterait non pas précisément les variations d'un même gîte ou d'un même faisceau de gîtes en profondeur, — car il faudrait encore tenir compte du caractère propre aux magmas cristallins, dont ces gîtes métallifères paraissent une émanation assez directe, — mais les divers types de gisements que pourrait espérer remonter une coupe idéale, menée à travers une chaîne de plissement jusqu'à ses racines les plus profondes. On arriverait ainsi à la notion : formations de profondeur, formations voisines de la surface, formation d'épanchement pour les minerais, comme on y est déjà arrivé pour les roches. »

PHYSIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Synthèse des voyelles*. Note de M. **Marage**, présentée par M. Marey.

« Dans une Note présentée par M. Marey à l'Académie le 13 mars 1899, je disais que les voyelles sonores avaient une double origine : la vibration de l'air, et le transport de l'air dans les cavités supra-laryngiennes.

» Je vais démontrer qu'une seule de ces causes : la vibration de l'air, est indispensable et j'indiquerai la nature de cette vibration. — Si l'on supprime l'arrivée discontinue de l'air, c'est-à-dire la vibration, la voyelle sonore n'existe plus, elle passe à l'état sourd ou chuchoté, et le tracé est complètement transformé; les groupements ont disparu et l'on ne retrouve plus que la note du résonnateur, c'est-à-dire des vibrations simples.

» J'ai fait des expériences, soit avec des résonnateurs de Helmholtz, soit avec des moulages représentant l'intérieur de la cavité buccale lorsqu'elle prononce la voyelle; les résultats ont été les mêmes : un courant continu reproduit la voyelle chuchotée, mais pas la voyelle sonore. Donc la vibration de l'air est indispensable pour obtenir la voyelle sonore. Il n'en est pas de même pour les mouvements de l'air (les cyclones) qui se produisent dans les cavités supra-laryngiennes; on peut, en effet, les supprimer sans rien changer ni au tracé ni à la voyelle.

» La théorie de la formation des voyelles par les cyclones ne saurait donc être admise; il fallait chercher dans une autre voie la formation de la parole; puisque l'analyse n'avait pas donné de résultats satisfaisants, il fallait faire la synthèse.

» Les tracés que j'avais obtenus soit par les flammes manométriques, soit par la méthode graphique, m'avaient indiqué ceci, simplement [1] : A est formé d'un groupe de trois vibrations; É, EU, O, d'un groupe de deux; I, U, OU, de vibrations équidistantes; la somme des vibrations représente la vocable, c'est-à-dire la note du résonnateur buccal ; le nombre de groupements représente la note fondamentale sur laquelle la voyelle est émise.

» Or, l'appareil vocal se compose de deux parties : le larynx et les résonnateurs supra-laryngiens.

» J'ai remplacé le larynx par une sirène mise en mouvement au moyen d'une courroie sans fin et d'une dynamo (110 volts, 0,7 ampères). Le plateau inférieur était percé d'une seule fente triangulaire, représentant l'espace inter-glottique; le plateau supérieur était percé de fentes égales entre elles et dirigées suivant les rayons du disque mobile; ce plateau était renfermé dans une petite caisse cylindrique, de hauteur négligeable, et l'air s'échappait par un tube perpendiculaire et placé au-dessus de la fente fixe.

» Pour reproduire A, il suffit d'avoir trois fentes ouvertes, séparées par une fente fermée, de manière à obtenir un groupement de trois vibrations; le nombre total de vibrations représente la vocable, le nombre de groupes de trois représente la note fondamentale, le tracé l'indique très nettement; si l'on place au-dessus du tube un des moulages en plâtre correspondant à A, la voyelle est beaucoup plus parfaite, mais il faut que la note de ce résonnateur soit à l'unisson avec la vocable, c'est-à-dire avec la somme des vibrations du larynx; s'il n'en est pas ainsi, la voyelle est encore perçue, mais elle est désagréable à l'oreille. Cela confirme l'opinion de Lefort, qui disait qu'une voyelle fausse était une voyelle mal émise, c'est-à-dire pour laquelle la bouche n'avait pas la forme voulue.

» Pour obtenir É, EU, O, il faut que les fentes du plateau mobile soient réunies par groupes de deux, séparés par une fente bouchée; pour passer de É à O, on doit modifier la fente fixe; cette fente est très large pour O et très étroite pour É. Les tracés sont les mêmes qu'avec les voyelles naturelles et les conditions sont les mêmes que pour A, c'est-à-dire que la

---

(1) *Conférences à la Sorbonne*, 1898.

note est représentée par le nombre de groupes et la vocable par le nombre total de vibrations.

» Pour obtenir I, U, OU, il faut que toutes les fentes soient ouvertes sans intervalle; mais, pour passer d'une voyelle à l'autre, il faut faire varier la vitesse du courant d'air, le diamètre des fentes et la tonalité; la présence des résonnateurs buccaux est indispensable pour I et U.

» Cette synthèse complète de toutes les voyelles constatées, non seulement par l'oreille, mais par leurs tracés, permet donc d'établir la théorie suivante qui n'est nullement contraire aux dispositions anatomiques du larynx :

» Pour former une voyelle, les cordes vocales inférieures vibrent dans un plan horizontal, de manière à empêcher par leur rapprochement la sortie de l'air. S'il y a trois rapprochements séparés par un intervalle, on a fatalement un A.

» Le résonnateur buccal se met à l'unisson de la somme des vibrations et la voyelle est bien émise. Autrement dit, si A est émis sur la note n, il faut que le résonnateur donne le troisième harmonique de cette note, sinon la voyelle existe encore, mais elle est désagréable à l'oreille, c'est-à-dire mal émise. Pour É, EU, O, il faut que les résonnateurs donnent le deuxième harmonique; pour passer d'une voyelle à l'autre, il suffit de changer la largeur de la fente glottique.

» Pour I, U, OU, il faut que le résonnateur soit à l'unisson de la note laryngienne; pour passer d'une voyelle à l'autre, on doit changer la vitesse du courant d'air et l'espace inter-glottique : le résonnateur buccal pour OU étant sur une note basse, OU est meilleur sur les notes basses; pour la même raison, I est meilleur sur les notes aiguës.

» *Application.* — On pourrait modifier, comme je viens de l'indiquer, les sirènes des navires, et l'on obtiendrait des signaux différents qui permettrait un alphabet international. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Nouveau stéréomètre permettant la détermination de trois coordonnées rectangulaires d'un point quelconque d'un objet radiographié stéréoscopiquement.* Note de MM. **T. Marie** et **H. Ribaut**, présentée par M. Bouchard.

« Depuis longtemps nous avons montré ([1]) dans quelles conditions il fallait se placer, en Radiographie stéréoscopique, pour obtenir un objet

---

([1]) *Comptes rendus*, 22 mars 1897.

virtuel absolument semblable à l'objet réel et n'exigeant aucun effort pour être examiné dans toutes ses parties, tout en donnant un relief maximum. L'appréciation des distances qui séparent les divers points de l'objet, décelables par la Radiographie, se fait ainsi avec exactitude. L'exactitude de cette appréciation est d'autant plus grande que les distances cherchées sont elles-mêmes plus faibles, car il est évident que l'erreur d'appréciation est liée directement à ces distances et lorsqu'elles dépassent quelques centimètres, ce qui se présente fréquemment dans l'étude du corps humain, l'évaluation peut devenir insuffisante pour les applications médicales. D'autre part, elle varie avec l'expérience de chaque observateur, et la critique d'évaluations de distances basées sur une simple appréciation visuelle est toujours possible.

» Ces considérations nous avaient amenés à rechercher la possibilité de mesurer en Stéréoscopie; question qui n'avait jamais été abordée avant nous. Nous avons donné successivement deux méthodes ([1]) basées sur le même principe, la superposition de deux couples stéréoscopiques, dont l'un représente l'appareil de mesure. Nous avons rapidement abandonné la première, car l'appareil de mesure était un réseau métallique difficile à construire et à utiliser pratiquement, mais la seconde, dans laquelle le couple de mesure était réduit à deux fils réels parallèles entre eux qu'on pouvait éloigner ou rapprocher l'un de l'autre, nous a donné toute satisfaction. L'appareil, que nous avons fait construire en partant de cette idée (et que nous avons appelé *stéréomètre*, parce qu'il donne, en réalité, la valeur du relief stéréoscopique), permet de déterminer, avec la plus grande facilité, la distance en profondeur qui sépare deux points quelconques ou, en d'autres termes, les distances qui séparent les divers plans de front de l'objet. La connaissance de cette coordonnée verticale est évidemment très importante, mais, dans la plupart des cas, elle est insuffisante pour fixer exactement la position dans l'espace d'un point quelconque. Pour arriver à ce résultat, il faut déterminer deux autres coordonnées qu'il est avantageux dans la pratique de prendre rectangulaires. C'est ce qu'on peut obtenir facilement au moyen du stéréomètre en le modifiant.

» *Principe de la méthode.* — On détermine la distance du point intéressant à trois plans rectangulaires, de position connue dans l'objet 1, un plan horizontal constitué par la surface sensible 2, deux plans verticaux, l'un parallèle à une ligne d'horizon, l'autre perpendiculaire. Nous savons déjà au moyen du stéréomètre déterminer la

---

([1]) *Comptes rendus*, 8 août 1898 et 17 avril 1899.

distance au plan horizontal. Il nous reste à voir maintenant comment on peut mesurer les distances aux points verticaux dont la position dans l'objet sera comme s'ils passent par un point de repère superficiel, ce qui est toujours possible.

» Pour simplifier, on choisit le point de repère de manière qu'il soit dans un même plan de front que le point étudié. On est sûr qu'il existera un point de repère dans ce plan de front, si l'on dispose sur la surface de l'objet une ligne ininterrompue obliquement par rapport à la surface sensible (ce sera, par exemple, un fil de plomb à ondulations irrégulières). Il s'agit maintenant de déterminer quel est le point de cette ligne qui est situé dans le plan de front contenant le point étudié de l'objet. Pour cela, les fils de l'appareil portent chacun un nœud dont on met l'image virtuelle en coïncidence avec celle du point considéré (ce qui permet de connaître la coordonnée verticale), puis on déplace le stéréomètre sans modifier l'écartement des fils, jusqu'à ce que le nœud virtuel rencontre la ligne des points de repère. Le point de rencontre est le point cherché. Par ce moyen, on peut en même temps déterminer les deux composantes rectangulaires de ce mouvement, on a ainsi les données nécessaires pour calculer les coordonnées cherchées.

» *Description.* — L'appareil se compose du stéréomètre déjà décrit [1], dont les fils portent un nœud de repère au milieu. Ce stéréomètre est maintenu dans un premier cadre dans lequel il ne peut se déplacer que suivant une direction perpendiculaire à une ligne d'horizon : ce dernier cadre lui-même ne peut se mouvoir dans un second cadre fixe par rapport aux épreuves que suivant une ligne d'horizon. Des règles graduées en millimètres permettent de connaître la valeur de ces déplacements. De la valeur de ces déplacements A et B et connaissant, en outre, la coordonnée verticale (h) et la distance du tube à rayons X à la plaque (f), on déduit les coordonnées horizontales par les relations suivantes :

$$a = \frac{A(f-h)}{f}, \qquad b = \frac{B(f-h)}{f}.$$

» Les avantages de cet appareil sont les suivants :

» 1° Son principe est très simple, puisqu'il est basé uniquement sur les déplacements de deux fils parallèles;

» 2° Sa construction et son fonctionnement sont aussi très simples. Les calculs, faciles à effectuer, sont basés sur des lectures de graduations linéaires;

» 3° La précision dépasse de beaucoup les besoins des applications médicales. »

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Influence anodique sur la conductibilité nerveuse chez l'homme.* Note de M. S. Leduc, présentée par M. d'Arsonval.

« *Influence sur la conductibilité pour les excitations électriques : Expérience.* — On place sur le nerf une *cathode fixe,* sur les points à étudier des

[1] *Comptes rendus,* 19 avril 1899 (*loc. cit.*).

électrodes qui, à l'aide de clés spéciales, peuvent successivement jouer le rôle d'anode : la surface de ces électrodes est réglée de façon que la résistance entre chacune d'elles et la cathode soit partout la même. Le muscle animé par le nerf en expérience est tendu par un poids de 1^{kg}, ses contractions sont enregistrées.

» *Résultats.* — 1° Lorsque l'anode est entre la cathode et les centres nerveux, et que le courant est descendant ou centrifuge, les contractions sont toujours beaucoup plus fortes que lorsque l'anode est entre la cathode et le muscle, les courants étant alors ascendants ou centripètes. Pour *une même excitation cathodique,* la variation des contractions, suivant les différentes positions de l'anode, *est très grande,* et peut s'étendre depuis la *contraction maxima jusqu'à l'absence de toute contraction.*

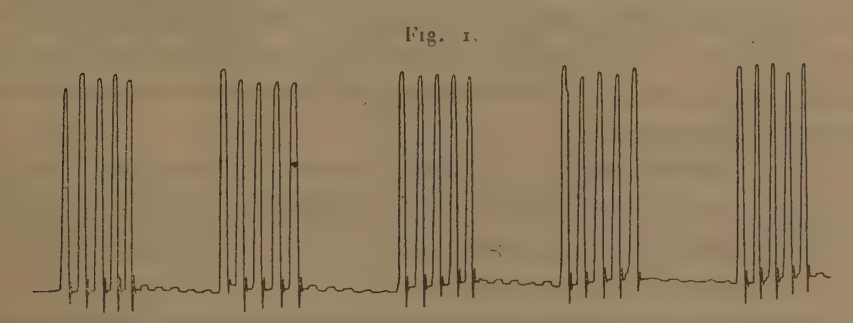
» 2° L'influence de la position de l'anode s'observe avec les *courants faradiques* aussi bien qu'avec les courants voltaïques; elle est d'autant plus marquée que le courant a une tension plus élevée, et augmente avec l'intensité jusqu'à ce que l'anode excite elle-même le nerf moteur.

» Le phénomène est analogue à celui que présente la grenouille lorsque l'on ferme sur son sciatique le circuit d'un fort courant voltaïque ascendant.

» Lorsque l'anode modificatrice se confond avec la cathode excitatrice, l'effet constitue la diminution anélectrotonique de l'excitabilité.

» La *fig.* 1 représente l'enregistrement des contractions produites par les courants induits (bobine à fil fin), les grandes amplitudes le raccour-

Fig. 1.

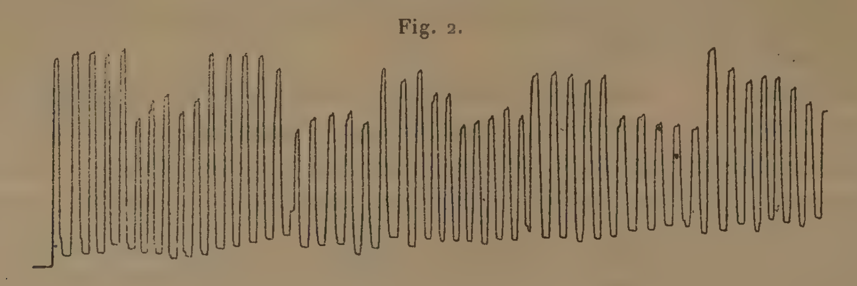


cissement du muscle lorsque l'anode est sur l'épigastre; l'abscisse montre, entre chaque groupe de contractions, l'interception complète de l'excitation cathodique lorsque l'anode est placée sur le nerf entre la cathode et le muscle.

» *Influence sur la conductibilité pour les impulsions volontaires.* — La cathode est à l'épigastre, l'anode sur le nerf; un ressort oppose une résistance croissante au raccourcissement du muscle. Toute les deux secondes

le sujet exerce volontairement le maximum de force pour tendre le ressort. Sur le graphique (*fig.* 2) les petites amplitudes correspondent aux moments où agit l'anode, les grandes amplitudes aux périodes d'interruption du

Fig. 2.



courant. L'influence de l'anode, ou du courant ascendant, pour augmenter la résistance au passage des impulsions volontaires est ainsi mise en évidence. La cathode ne produit pas le même effet. L'expérience a été faite sur des sujets ignorant le pôle que l'on faisait agir. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Contribution à l'étude des relations entre la constitution chimique et l'action physiologique des dérivés alkylés des alcaloïdes* [1]. Note de M. **W. Rosenstein**, présentée par M. Brouardel.

« Depuis les recherches de Brown et Fraser [2] et de Cahours, Jolyet et Pellissard [3], il est généralement admis que le radical alkylique (méthyle, éthyle, etc.) fixé à l'azote nucléaire d'un grand nombre d'alcaloïdes dérivés de la pyridine rend cet alcaloïde curarisant, quelle que soit son action physiologique primitive [4]. Les observations ultérieures semblaient venir appuyer cette hypothèèe.

» Tous ces produits alkylés qui provoquent la paralysie étant des bases quaternaires, comme l'a déjà fait remarquer Bœhm [5], nous avons établi une série d'expériences pour éclairer ce point important de pharmacodynamie et répondre à la question suivante :

» *La fixation de un ou de plusieurs radicaux alkyliques à l'azote nucléaire*

---

(1) Travail fait au laboratoire de Pharmacologie de la Faculté de Médecine de l'Université de Paris.

(2) *Trans. of the R. Soc. of Edinbourg*, t. XXV, p. 151 et 693.

(3) *Comptes rendus*, t. LXVI, p. 1131. — Pellissard, *Thèse de Paris*.

(4) Nothnagel et Rossbach, *Thérap.*, p. 780; 1889. — Hoppe-Seyler, *Arch. für exp. Path. und Ph.*, t. XXIV, p. 241.

(5) *Ibid.*, t. XXXV, p. 28.

des alcaloïdes du groupe pyridique est-elle capable, à elle seule, de communiquer à ces alcaloïdes un pouvoir paralysant, ou faut-il que l'alcaloïde soit transformé en une base quaternaire pour que ce pouvoir paralysant se manifeste?

» Nous relatons ici les résultats des expériences comparatives au sujet de la cinchonine et de ses dérivés alkylés.

» *Cinchonine* : $C^{19}H^{22}Az^2O$. — Conformément aux expériences de Laborde ([1]), de Bochefontaine ([2]) et de Langlois ([3]), nous avons constaté le pouvoir convulsivant de cet alcaloïde. $0^{gr},10$ de son chlorhydrate basique déterminent la mort d'un cobaye de 500^{gr} ([4]).

» *Le chlorométhylate de cinchonine* : $C^{19}H^{22}Az^2O.CH^3Cl$ à la dose de $0^{gr},020$ et dans les mêmes conditions donne lieu à des phénomènes paralytiques en tous points comparables à ceux signalés par Brown et Fraser, Cahours, Jolyet et Pellissard, et par d'autres observateurs dans leurs études sur les bases quaternaires.

» *Le chlorhydrate de méthylcinchonine* : $C^{19}H^{21}(CH^3)Az^2O.HCl$, isomère du précédent, détermine des phénomènes absolument contraires caractérisés par des accidents tétaniques et épileptiformes. La dose mortelle est $0^{gr},05$.

» Avec *le chlorométhylate de méthylcinchonine* : $C^{19}H^{21}(CH^3)Az^2O.CH^3Cl$, les phénomènes sont semblables à ceux produits par le chlorométhylate de cinchonine. Dose mortelle : $0^{gr},020$.

» *Le chlorhydrate de diméthylcinchonine* : $H^{19}H^{20}(CH^3)^2Az^2O.HCl$, isomère du précédent, donne lieu aux mêmes phénomènes que le chlorhydrate de méthylcinchonine. Dose mortelle : $0^{gr},05$.

» *Le chlorobenzylate de diméthylcinchonine* : $C^{19}H^{20}(CH^3)^2Az^2O.C^7H^7Cl$, détermine les mêmes manifestations que le chlorométhylate de cinchonine et de méthylcinchonine. Dose mortelle : $0^{gr},020$.

» *Le dichlorométhylate de cinchonine* : $C^{19}H^{22}Az^2O.(CH^3Cl)^2$ agit comme le précédent. Dose mortelle : $0^{gr},020$.

» *Le chlorhydrate de cinchotoxine* : $C^{19}H^{22}Az^2O.HCl$, isomère du chlorhydrate de cinchonine, agit comme le chlorhydrate de méthyl et de diméthylcinchonine. Même dose mortelle : $0^{gr},05$.

» Dans tous ces produits alkylés de la cinchonine, excepté le dichlorométhylate (dans lequel les deux azotes sont chlorométhylés), les résidus alcooliques sont fixés à l'azote du noyau II de la cinchonine ([5]).

» Ces expériences montrent que ni le premier ni le second radical mé-

---

([1]) *Comptes rendus de la Soc. de Biol.*, p. 257; 1877.

([2]) *Comptes rendus*, t. XCVI, p. 503.

([3]) *Trav. du labor. de Ch. Richet*, t. III, p. 53.

([4]) Pour toutes nos expériences, nous nous sommes servi d'une solution aqueuse à 2 pour 100 en injection intrapéritonéale; les doses sont calculées approximativement pour un cobaye de 500^{gr}.

([5]) Freund et Rosenstein, *Ann. d. Ch. Ph.*, 277, p. 277-290.

thylique fixé à l'azote du noyau II de la cinchonine ne change le pouvoir convulsivant de ce dernier corps.

» Bien que la méthylcinchonine soit deux fois plus active que la cinchonine, cette augmentation de toxicité ne semble pas due uniquement à la fixation de CH^3 à l'azote nucléaire de la cinchonine. Elle semble plutôt inhérente au changement de disposition atomique subi par la cinchonine à la suite de la méthylation. La cinchotoxine, qui possède la même disposition atomique fondamentale que la méthylcinchonine, présente la même toxicité que celle-ci. Il suffit de comparer les schémas constitutifs des noyaux II de ces corps [1] pour comprendre que la méthylcinchonine dérive de la cinchotoxine par la substitution de CH^3 à l'atome d'hydrogène fixé à l'azote nucléaire et que par conséquent la méthylcinchonine est identique à la méthylcinchotoxine; donc c'est à la cinchotoxine et non pas à la cinchonine qu'il faut comparer la méthylcinchonine afin d'apprécier des modifications pharmacodynamiques résultant de la fixation du groupe CH^3 à l'azote nucléaire.

» On voit que le remplacement de l'hydrogène par CH^3 n'a pas changé la toxicité de la base dont dérive le produit méthylé.

» Par conséquent, ni le premier, ni le second radical méthylique fixé à l'azote nucléaire du noyau II de la cinchotoxine ne modifie ni le pouvoir convulsivant, ni la toxicité de celle-ci.

» Il en est tout à fait autrement avec les bases quaternaires. Aussitôt qu'une base tertiaire : la cinchonine, la méthyl et la diméthylcinchonine est transformée en base quaternaire, quel que soit le nombre de résidus alcooliques fixés à l'azote nucléaire, le pouvoir convulsivant disparaît complètement pour donner lieu à des phénomènes de paralysie. Ainsi le chlorométhylate de cinchonine et de méthylcinchonine, le chlorobenzylate de diméthylcinchonine et le dichlorométhylate de cinchonine provoquent tous des manifestations de paralysie.

» La dose mortelle pour tous ces produits quaternaires est sensiblement la même : $0^{gr},020$; ils sont par conséquent 5 fois plus toxiques que la cinchonine et 2 fois $\frac{1}{2}$ plus actifs que la méthyl et la diméthylcinchonine.

» Les expériences faites avec les dérivés correspondants de la quinine nous ont donné des résultats analogues.

» L'*iodométhylate de quinine* $C^{20}H^{24}Az^2O^2CH^3I$ et l'*iodométhylate de méthyl-*

---

(1) Miller et Rhode, *D. ch. Ges.*, t. XXVIII, p. 1056. — Pictet, *Const. chim. des alcal. vég.*, 1897.

quinine $C^{20}H^{23}(CH^3)Az^2O^2.CH^3I$ agissent comme les bases quaternaires analogues dérivant de la cinchonine.

» Le *chlorhydrate de méthylquinine* $C^{20}H^{23}(CH^3)Az^2O^2.HCl$ est fortement convulsivant. Ce pouvoir convulsivant que la quinine ne possède pas peut être expliqué par la même transformation atomique qui a lieu dans la cinchonine, les noyaux II de la cinchonine et de la quinine étant identiques. Donc il serait faux d'attribuer au méthyle la transformation de la quinine en un poison convulsivant.

» D'après Kenderick ([1]) l'idométhylate de pyridine et de quinoléine auraient entre autres un pouvoir convulsivant. Conformément aux expériences de Santesson ([2]), nous avons pu constater que l'*iodométhylate de pyridine* provoque de la paralysie et des tremblements. Les secousses convulsives ne sont que des manifestations ultimes de la mort.

» Donc jusqu'à nouvel ordre on peut admettre que *la paralysie produite par les bases quaternaires est due non pas à la fixation de un ou de plusieurs alkyles à l'atome de l'azote nucléaire, mais à la disposition atomique particulière, propre aux bases quaternaires. Quant au changement dans l'action physiologique produit par la fixation de un ou de deux radicaux alkyliques à l'azote nucléaire, on ne peut à l'heure actuelle faire aucune généralisation.* Dans la cinchotoxine l'introduction du premier et du second méthyle ne produit aucun changement appréciable. »

M. **Edm. Bénel** adresse une Note relative à une « Modification à apporter à l'interrupteur de Foucault, et destinée à donner, dans les bobines de Ruhmkorff, l'inversion du courant inducteur ».

M. **T.-L. Phipson** adresse une Note « Sur la nature de l'argon ».

A 4 heures un quart l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures.

M. B.

([1]) *British med. Journ.*, 4 mai; 1878. (Suppl. 94.)
([2]) *Arch. für exp. Path. und Ph.*, t. XXXV, p. 16.

ERRATA.

(Séance du 19 février 1900.)

Note de Mlle *J. Joteyko*, Le quotient de la fatigue $\frac{H}{N}$:

Page 528, ligne 15, *au lieu de* facteurs de la fatigue, *lisez* quotients de la fatigue.
Même page, ligne 19, *au lieu de* deuxième facteur, *lisez* deuxième quotient.

(Séance du 5 mars 1900.)

Note de M. *Arm. Sabatier*, Morphologie de la ceinture pelvienne chez les Amphibiens :

Page 634, ligne 1, *au lieu de* modèle, *lisez* urodèle.
Même page, ligne 16, *au lieu de* unifications, *lisez* ossifications.
Même page, ligne 24, au lieu de *Liredon*, lisez *Siredon*.
Page 635, ligne 2, *au lieu de* côtés, *lisez* côtes.
Même page, lignes 5, 6 et 7, *au lieu de* acétabulaire, *lisez* acétabulum.
Même page, ligne 31, au lieu de *Chryrophrys*, lisez *Chrysophrys*.
Même page ligne 33, au lieu de *Zens*, lisez *Zeus*.
Page 636, ligne 1, au lieu de *Triglalyra, Peristetlius cotaphractum*, lisez *Trigla lyra, Peristethus cataphractum*.
Même page, ligne 17, au lieu de *Mugilcephœlus*, lisez *Mugil cephalus*.
Même page, ligne 18, au lieu de *Peristhetus*, lisez *Peristethus*.